

Modul GEO 404: „Angewandte Geoinformatik“

Leitung:

PD Dr. Christine Fürst

**Szenarien der integrierten Landnutzungsplanung in landwirtschaftlichen,
forstwirtschaftlichen und urbanen Gebieten mithilfe von GIS/CAM.**

Hausarbeit

vorgelegt von:

Anna Homolka
Geoinformatik (M.Sc.)
Fachsemester: 3
Matrikel: 139289
E-Mail: an-
na.homolka@uni-jena.de

Christian Perleberg
Geoinformatik (M.Sc.)
Fachsemester: 1
Matrikel: 118234
E-Mail: christi-
an.perleberg@uni-jena.de

Tobias Herrmann
Geoinformatik (M.Sc.)
Fachsemester: 1
Matrikel: 114453
E-Mail:
tobias.herrmann@uni-
jena.de

Abgabe: 23.05.2014

Inhalt

1 Einleitung	<i>(Herrmann)</i>	1
2 Naturräumliche Ausstattung	<i>(Homolka)</i>	2
3 Bewertungsansatz	<i>(Perleberg)</i>	3
3.1 Bewertungskriterien		5
3.2 Wasserqualität und Wassererosion		5
3.3 Biomasseproduktion und Kohlenstoffsequestrierung		6
3.4 Ästhetik und Naturhaushalt		7
4 GISCAME	<i>(Perleberg)</i>	7
5 Planungsszenarien		9
5.1 Landwirtschaft	<i>(Perleberg)</i>	9
5.1.1 Ausgangssituation		9
5.1.2 Realistisches Szenario		9
5.1.3 Extremes Szenario		10
5.1.4 Szenario mit minimalen Veränderungen		11
5.2 Wald	<i>(Homolka)</i>	12
5.3 Urbane Flächen	<i>(Homolka)</i>	14
6 Biomassemodul	<i>(Herrmann)</i>	16
6.1 Extremszenario		16
6.2 Realistisches Szenario		18
6.3 Vergleich der Szenarien mithilfe des Analysetools im Biomassemodul von GISCAME		20
7 Fazit	<i>(Homolka)</i>	25
Literatur		26
Selbstständigkeitserklärung		29

1 Einleitung

Eine integrierte Landnutzungsplanung erfordert Integration auf unterschiedlichen Ebenen. Das Ziel des Planers bzw. des Planungsteams muss es sein, Integration als Mittel einzusetzen, um kurz-, mittel- und langfristig positive Effekte für das bewirtschaftete System im Sinne sowohl der Nachhaltigkeit, als auch der wirtschaftlichen Produktivität und Rentabilität zu erzielen (UFZ n.a.).

Zum einen existieren innerhalb einer Region unterschiedliche Akteure mit jeweils spezifischen und häufig widersprüchlichen Interessen und Ansprüchen an die Leistung des Landschaftssystems. Diesem Umstand muss durch „Integration der Sichtweisen, Zielsetzungen und Wertesysteme unterschiedlicher Akteure in dem jeweils geltenden kulturellen, sozialen und politischen Rahmen“ (FÜRST [1] 2014:19) Rechnung getragen werden.

Zum anderen vereinen sich in einem solchen Gebilde Aspekte aus vielfältigen Fachbereichen, wie z.B. Ökonomie und Ökologie. Eine strikte disziplinäre Trennung ist für den Versuch des Umgangs mit bestehenden Problemen und deren Behebung als hinderlich zu erachten (KRÖGER et al. 2012:2). KAUFMANN (1987:64) merkt hierzu an, dass mit zunehmender Komplexität und Vertiefung der Wissensbestände eine Spezialisierung und Aufspaltung der Wissenschaften in immer kleinere, spezialisierte Teilbereiche unumgänglich und für den Erhalt des wissenschaftlichen Fortschritts essentiell ist. Dies führt zu einem immer größeren Wissen einzelner Personen innerhalb einer immer geringeren Bandbreite an Fachbereichen. KAUFMANN (ebd.) argumentiert: „Mehr und mehr hat sich das Bewußtsein durchgesetzt, daß wissenschaftliches Erkennen notwendigerweise perspektivisch, also vereinseitigend ist. Je mehr unser Wissen wächst, desto unwahrscheinlicher wird eine totalisierende, ganzheitliche Erkenntnis der Welt, ja sogar auch nur einzelner Weltausschnitte“.

Daraus erschließt sich die Notwendigkeit, das Management eines komplexen Landschaftssystems mit ebenso komplexen soziokulturellen und sozioökonomischen Verflechtungen integrativ umzusetzen. Das Ziel der vorliegenden Arbeit war die Erarbeitung von Handlungsempfehlungen für die integrierte Landnutzungsplanung in landwirtschaftlich, forstwirtschaftlich und urban geprägten Regionen in Sachsen. Dabei sollte eine Steigerung der ökonomischen Leistungsfähigkeit der jeweiligen Teilregion bei gleichzeitiger Verbesserung der Nachhaltigkeit und Lebensqualität erzielt werden. Im Fall einer Verschlechterung letztgenannter waren möglichst günstige Tradeoffs zu erreichen.

2 Naturräumliche Ausstattung

Das Untersuchungsgebiet, die Planungsregion Oberes Elbtal/Ostergebirge. Liegt in der Mitte des Bundeslandes Sachsen und setzt sich aus den Landkreisen Meißen, Dresden und Sächsische Schweiz – Ostergebirge zusammen. Einen Überblick über die Region gibt Abbildung 1. Naturräumlich bildet die Dresdner Elbtalerweiterung mit



Abb. 1: Überblick über die Planungsregion Oberes Elbtal/Ostergebirge: Dargestellt sind die Höhen-schichten, die Elbe als größter Fluss und die Großen Kreisstädte (Elbtal/Ostergebirge, 2013).

der Stadt Dresden das Zentrum der Region. Weiterhin umfasst die Region die Sächsische Schweiz, das Ostergebirge, Teile des Mittelsächsischen Lößhügellandes, des Nordsächsischen Platten- und Hügellandes, des Westlausitzer Hügel- und Berglandes und der Königsbrück- Ruhlander Heiden, die Großenhainer Pflege sowie die Elbe-Elster-Niederung (ROHWEDDER 2014:4). So vielfältig wie die Landschaften sind auch die Böden. In der Sächsischen Schweiz herrschen die Böden der Berg- und Hügellän-

dermit hohem Anteil an Sandstein vor. Im Ost Erzgebirge Böden der Berg- und Hügelländer mit hohem Anteil an Magmatiten und Metamor-

phite. Im Süden schließen die Böden der Löß- und Sandlößlandschaften an. Unter landwirtschaftlichen Gesichtspunkten sind die Böden der Löss- und Sandlösslandschaften die ertragsstärksten Standorte in Sachsen. Die Böden der altmoränenlandschaft im Nordosten des Untersuchungsgebietes sind vorwiegend Podsole. Die Böden dieser überwiegend sandigen Substrate sind aus Sicht der landwirtschaftlichen Produktion eher ertragsschwächere Standorte. Im Freistaat Sachsen besteht wegen der dort vorherrschenden schluffreichen, oftmals stärker geneigten Ackerböden aus Löß für rund 450.000 ha Ackerfläche (entsprechend rund 60 % der gesamten Ackerfläche) die Gefahr von Wassererosion (Sächsisches Landesamt für Umwelt).

Der Niederschlag: beträgt im Norden 500 mm pro Jahr, im Süden bis zu 1000 mm pro Jahr. Die Wasserbilanz des Gebietes ist zum größten Teil Positiv, nur im Süden und teilweise in der Mitte beträgt sie null. Die Mittlere Jahrestemperatur nimmt von Norden nach Süden ab, von ca 10 in den Tieflagen bis 5 °C in den höheren Lagen des Erzgebirges (HOLZWEIßIG & SARETZKI 2011:14). Im Zuge des Klimawandels ist mit einer Temperaturzunahme und einer Abnahme der klimatischen Wasserbilanz in der Region zu rechnen (ebd.:22).

Bei der Landnutzung fallen große Unterschiede zwischen den drei Landkreisen auf, wie in Tabelle 1 zu sehen.

Tabelle 1 Landnutzung und wirtschaftliche Bedeutung der Landwirtschaft im Untersuchungsgebiet. (Länder, 2014)

	Prozentualer Anteil der Landwirtschaftlich genutzten Fl. 2011	Anteil Waldfläche an Gesamtfl. [%]	Anteil Siedlungs- und Verkehrsfläche an Gesamtfl. [%]	Anteil Sied- und holungsfläche an Gesamtfl. [%]	Er- Anteil Er- werbstäti- ger in der Landwirt. 2011 [%]	BWS Land- und Forst- wirt. 2011[%]
Dresden	33,2	22,4	40,6	4,8	0,2	0,1
Meißen	71,6	13,3	11,0	0,8	2,7	2,3
Sächsische Schweiz ...	52,6	35,8	9,3	0,7	3,0	1,9
Sachsen	55,0	27,2	12,6	1,2	1,6	1,2

In der Metropolregion Dresden macht die Siedlungs- und Verkehrsfläche 40 % der Gesamtfläche aus, während in den anderen beiden Regionen die Landwirtschaft dominiert. Wobei Meißen mit einem Landwirtschaftsanteil von 71,6 % deutlich über dem sächsischen Durchschnitt von 55,0 % liegt und die Sächsische Schweiz mit dem Osterzgebirge leicht darunter. Dafür liegt die Sächsische Schweiz/Osterzgebirge bei der Waldfläche mit 35,8% überdurchschnittlich. Trotz der großen Bedeutung der Land- und Forstwirtschaft für die Landnutzung ist ihr Anteil bei den Erwerbstätigen und der Brutto Wertschöpfung nur marginal, er beträgt in allen drei Kreisen unter 5 %. Den geringsten Anteil an der Brutto Wertschöpfung hat die Land- und Forstwirtschaft in Dresden, den höchsten in Meißen. Auffällig ist, dass die Sächsische Schweiz/Osterzgebirge zwar den größten Anteil Erwerbstätiger in der Landwirtschaft hat, bei der der Brutto Wertschöpfung aber nach Meißen kommt.

70 % der Bevölkerung der Planungsregion leben im Verdichtungsraum Oberes Elbtal, mit seinem Zentrum Dresden, der jedoch nur 17 % der Fläche einnimmt. Damit sind weite Teile der Planungsregion dem ländlichen Raum zuzurechnen (Elbtal/Osterzgebirge, Regionaler Planungsverband Oberes Elbtal/Osterzgebirge, 2013). Das Untersuchungsgebiet lässt sich grob in drei Kategorien einteilen, der gebirgige Norden mit dem Osterzgebirge und der Sächsischen Schweiz, in dem aufgrund des Reliefs die Forstwirtschaft dominiert, die Metropolregion Dresden und die landwirtschaftlich geprägten Tief und Hügelländer.

3 Bewertungsansatz

Die multikriterielle Bewertung stellt in GISGAME den wichtigsten Arbeitsschritt dar. Als Datengrundlage liegt ein hierarchischer Bewertungsansatz zugrunde, der die Möglichkeit bietet, den Einfluss der Nutzungsänderungen in der Landwirtschaft auf die Ökosystemdienstleistung zu beschreiben (Abbildung 2).

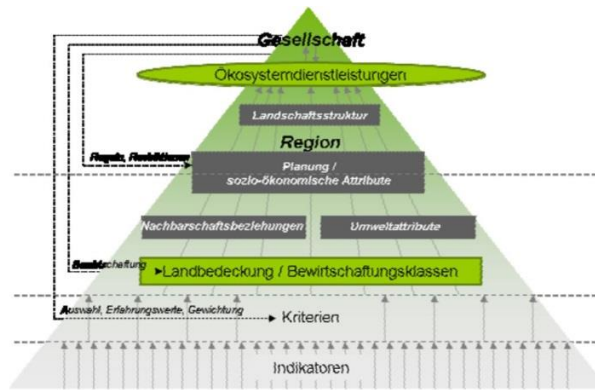


Abb. 2: Hierarchischer Bewertungsansatz (Fürst et al. 2011:116).

In diesem Bewertungsansatz werden verschiedene raum- sowie landschaftsbezogene Indikatoren festgelegt die einen Bezug zum ausgewählten Gebiet aufweisen. Je nach Gebiet können diese angepasst und mit Daten gefüllt werden. Da für jeden Landnutzungstyp ein Wert bestimmt werden muss, stellt die Anlegung von neuen Bewertungskriterien eine große Herausforderung dar und wird meistens von Expertenteams und auf Grundlage der vorhandenen Daten festgelegt (KOSCHKE 2010:n.a.). Die festgelegten Kriterien werden in der Bewertungsmatrix für jeden Landnutzungstyp nebeneinander aufgeführt (vgl. Abb. 3).

	Wood production	Food and fodder	Soil erosion protection	C-Sequestrati	Recreation	Drought risk regulation	Ecological integrity
Very dense urb.	0	0	100	0	0	0	0
Dense urban	0	0	100	0	5	0	0
Loose urban	0	0	100	0	10	0	0
Very loose urb.	0	0	100	0	15	0	0
Big buildings	0	0	100	0	0	0	0
Sealed surfaces	0	0	100	0	0	0	0
Fallow land	0	0	100	0	70	60	65
Hedges	10	0	100	0	100	45	85
Wetlands	0	0	100	0	90	100	100
Viticulture	0	10	70	0	50	60	15
Orchards	0	40	70	0	50	60	15
Hop	0	0	0	0	30	60	15
Bare rock	0	0	100	0	20	0	100
Excavation	0	0	25	0	0	0	0
Open-cast	0	0	25	0	0	0	0
Sand	0	0	25	0	10	0	0
Bridges	0	0	100	0	50	0	0
Greenhouses	0	0	100	0	0	0	0
Urban open	0	0	100	0	100	35	15
Grassland	0	0	100	0	60	30	15
Afforestation	15	0	100	0	40	40	85
Beech-Oak	50	10	100	55	100	85	65
Beech-Spruce	55	10	100	65	100	95	65
Beech	50	10	100	55	90	90	45
Oak-Beech	45	10	100	45	100	70	65
Oak-Pine	45	10	100	50	100	60	65
Oak	45	10	100	45	90	60	45
Spruce-Beech	70	10	100	75	80	95	65
Spruce-Pine	70	10	100	80	80	85	65
Spruce	70	10	100	80	70	95	45
Pine-Birch	50	10	100	55	90	55	65
Pine-Spruce	50	10	100	70	80	65	65
Pine	55	10	100	65	70	55	45

Abb. 3: Bewertungsmatrix (GISCAM2014).

Die Besonderheit der Bewertungsmatrix liegt darin, dass die Werte der einzelnen Kriterien normalisiert werden d.h. die eigentlichen Werte werden mit der Formel:

$$I_{norm} = \left(\frac{I - I_{min}}{I_{max} - I_{min}} \right) * 100$$

auf eine Skala von 0 (sehr schlecht) bis 100 (sehr gut) übertragen. Hierbei stellt I_{min} den minimalen Wert des Indikators, I_{max} den maximalen Wert und I den aktuellen Wert dar. Diese Normalisierung bietet den Vorteil, dass verschiedene Kriterien mit unterschiedlichen Raum- sowie Zeitskalen miteinander verglichen werden können sowie eine gleichmäßige Aussage auf die Ökosystemdienstleistung gegeben werden kann.

3.1 Bewertungskriterien

Für die im Abschnitt 2 beschriebene Region wurde eine neue Bewertungsgrundlage angefertigt. Die sechs Kriterien Wassergefährdung, Wassererosion, Biomasseproduktion, Kohlenstoffsequestrierung, Ästhetik und Naturhaushalt bilden dabei die zentralen Kriterien zur Bewertung der Ökosystemdienstleistung. Alle Angaben wurden mit Hilfe von Literaturwerten und Datentabellen angefertigt. Da für einzelne Landnutzungsformen keine genauen Angaben aufzufinden waren wurden diese geschätzt.

3.2 Wasserqualität und Wassererosion

Die ersten Bewertungsfaktoren stellen die Wasserqualität und die Wassererosion dar. Für die Beurteilung der Wasserqualität wurde Nitrat (NO_3) als Indikator verwendet, da dieser ein Hauptproblem in der Betrachtung der Wasserqualität darstellen. Er wird von Pflanzen zum Aufbau von Eiweißen benötigt und zu meist über Dünger in den Boden gebracht. Im weiteren Verlauf gelangen die Nitrate ins Grundwasser und weiter in Mensch und Tier. Durch die Aufnahme von NO_3 durch Trinkwasser und Lebensmittel kann es zu Atemnot bzw. karzinogenen Krankheiten im Körper führen, da der menschliche Körper keine Nitrate benötigt (BOROWKA 2000:n.a.).

In der betrachteten Region wurden die höchsten Konzentrationen mit 35-50mg/l Nitrat in landwirtschaftlichen Flächen nachgewiesen (SIMON 1988:291). Die Wald- und Siedlungsflächen hingegen konnten nur geringe Werte zwischen 10 und 0mg/l an Nitrat aufweisen (MELLERT 2007:144).

Die Wassererosion wurde mit bereits vorhandenen Daten aus dem GISCAMÉ gefüllt. Als Indikator wurde der C-Faktor verwendet. Dieser beschreibt den Bodenabtrag bei kultivierten Landnutzungen im Vergleich zum Bodenabtrag bei Standardbedingungen (TLL 2007:o.S.). Die größten Werte werden bei den bearbeiteten Flächen in der Landwirtschaft erreicht. Die Waldflächen zeigen durch ihre guten Boden- und Infiltra-

tionseigenschaften ähnlich geringe Werte wie versiegelte Flächen. Ein Bodenabtrag ist in diesen Gebieten nur durch Extremereignisse wie Starkniederschläge möglich.

Für die Beurteilung der Ökosystemdienstleistung weisen die Angaben entgegengesetzte Ausprägungen im Vergleich zu den andern Faktoren auf. So gibt ein hoher Wert der Wasserqualität bzw. der Wassererosion einen schlechten Zustand an. Geringe Werte hingegen weisen die besten Werte und somit die beste Ökosystemdienstleistung auf.

3.3 Biomasseproduktion und Kohlenstoffsequestrierung

Der folgende Abschnitt beschäftigt sich mit den beiden Faktoren Biomasseproduktion und Kohlenstoffsequestrierung. Unter der „Biomasse“ wird das Gewicht lebenden organischen Materials bezogen auf eine Fläche- bzw. Volumeneinheit, meist in kg/m² oder t/ha angegeben (UFZ 2011:n.a.). Im Betrachtungsgebiet werden dabei sehr unterschiedliche Ausprägungen aufgezeigt. Die höchsten Werte zeigen Gebiete mit land- und forstwirtschaftlicher Nutzen, da in diesen der Schwerpunkt der Biomasseproduktion liegt. Ziel dieser Bereiche, vor allem der Landwirtschaft, ist es, einen möglichst hohen Ertrag zu erreichen. Die Bereiche der Forstwirtschaft streben ein ähnliches Ziel an. Bei beiden Landnutzungsformen kann nicht von reiner Produktion gesprochen werden, da diese Bereiche zusätzlich einen ästhetischen Faktor beinhalten. Es konnten Werte in der Literatur gefunden, nach dem die Landwirtschaft die höchste Biomasseproduktion aufweist (20-40t/ha). Mit einem leichten Abstand folgen die unterschiedlichen Baumarten der Forstwirtschaft (5-10t/ha). Die Klasse der Kurzumtriebsplantagen stellt eine recht neue Art der Biomasseproduktion dar. Diese weist ebenso sehr hohe Biomasseproduktionswerte auf. Kurzumtriebsplantagen werden vor allem entlang von Feldsteifen angelegt und fügen der Landschaft ein weiteres Strukturelement zu. Siedlungsflächen besitzen die geringste Bewertung gegenüber der oben aufgeführten Landnutzungsformen.

Die eng mit der Biomasse verbundene Kohlenstoffsequestrierung beschreibt die Festlegung von Kohlenstoff in einem anderen Kohlenstoffreservoir als in der Atmosphäre (KÖRNER 2001:n.a.). So werden große Mengen an Kohlenstoff von Wäldern und anderen Pflanzenarten aus der Landwirtschaft gebunden. Diese stellen einen gewichtigen Einflussfaktor auf die Ökosystemdienstleistungen dar. Um die Kohlenstoffsequestrierung zu steigern werden in bestimmten Regionen Waldbereiche aufgeforstet bzw. Landnutzungsformen geändert. Die Waldregionen nehmen in diesem Bereich eine gesonderte Stellung ein, da sie die einzige Landnutzungsform sind, die größere Mengen an Kohlenstoff dauerhaft binden und speichern können.

3.4 Ästhetik und Naturhaushalt

Die letzten Faktoren stellen die Einschätzung des Naturhaushaltes und der Ästhetik für den Menschen in den Vordergrund. So können die Indikatoren der Ästhetik nicht direkt gemessen werden, da die Einschätzung was für einen Menschen ästhetisch ist sehr weit auseinander gehen. Die verwendeten Daten wurden daher aus GISGAME übernommen.

Die in GISGAME vorhandene Datengrundlage wurde versucht möglichst wissenschaftlich zu ermitteln. So lassen sich nach AUGENSTEIN (2002:34ff) drei objektbezogene Ansätze unterschieden um die Landschaft rational einzuschätzen. Im physiognomischen Ansatz wird das Vorhandensein bestimmter Landschaftselemente eingeschätzt. Der zweite Ansatz wird als ökologischer Ansatz bezeichnet und beschreibt die Naturnähe als wesentlichen Indikator der Ästhetik. Der dritte und komplexeste Ansatz ist der formal-ästhetische Ansatz. Dieser sieht die Stadt- und Landschaftsarchitektur im Kern der Bewertung, wobei die Betrachtung der Landschaft als Ganzes mehr gewichtet wird als die Summe ihrer einzelnen Teile.

Es lässt sich des Weiteren erkennen, dass Wälder deutlich ästhetischer sind als Ackerflächen die aber immer noch einen höheren Wert aufweisen als versiegelte Flächen. Im Allgemeinen fällt auf, dass je grüner eine Fläche ist, umso höher ist ihre ästhetische Bewertung.

Die Beurteilung des Naturhaushaltes hingegen erfolgt auf der Grundlage des Artenreichtums einer Region. Je mehr Arten eine Region aufweisen kann, desto besser ist ihre Ökosystemdienstleistung. In diesem Bereich weisen die Waldflächen bessere Werte auf als Ackerflächen, da in diesen viele unterschiedliche Arten anzutreffen sind. An letzter Stelle stehen die versiegelten Flächen (0%), diese stellen nur in sehr begrenztem Rahmen einen Lebensraum dar.

4 GISGAME

GISGAME (GIS - Geographic Information System; CA –Cellular Automaton; ME – Multi Criteria Evaluation) ist eine webbasierte Anwendung, die die Möglichkeit bietet Landnutzungsszenarien zu entwickeln. Es besteht aus den drei namensgebenden Modulen GIS, zellularer Automat und der multikriteriellen Bewertung, wie in Abbildung 4 zu sehen ist.

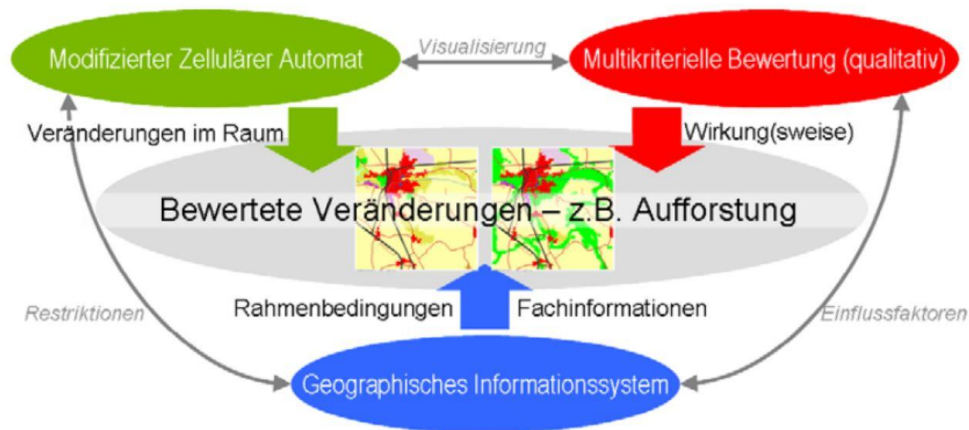


Abb. 4: Aufbau von GISCAME (Fürst et al. 2011:115).

Das Modul des „zellulären Automaten“ dient dazu, flexible Veränderungen im Raum zu ermöglichen, die gleichzeitig mit einem Regelsystem gekoppelt sind, welches erlaubt, Umweltattribute und Planungsvorgaben an die Veränderlichkeit der einzelnen Zellen zu koppeln (FÜRST et al. 2011:115).

Die GIS Komponente in GISCAME ermöglicht es, die Vielfalt an möglichen Attributen zu handhaben und eine Schnittstelle zu herkömmlichen GIS-Anwendungen zur Verfügung zu stellen (ebd.).

Die dritte und zu gleich wichtigste Komponente in GISCAME stellt die multikriterielle Bewertung dar. Diese ermöglicht es regionale Präferenzen und die Wirkungsweise ökologischer Prozesse in bewertbare Raumwirkungen zu übersetzen (ebd.).

Als Datenbasis dienen die Landnutzungsdaten von Corine Landcover (CLC) 2000/2006 sowie Euromaps Landcover. Durch die Daten von OpenStreetMap werden Straßen und Gewässerflächen hinzugefügt. Aus der verwendeten Datengrundlage ergeben sich Zellengrößen von 1 ha für CLC und 0,0625 ha für Euromaps Landcover, wobei die Landnutzungstypen sich nach dem größten Flächenanteil in der Zelle ergeben. Zusätzlich wurden für bestimmte Landnutzungen im Bereich Wald und Landwirtschaft weitere Klassen integriert, die über die normalen CLC Klassen hinausgehen (ebd.:116).

5 Planungsszenarien

5.1 Landwirtschaft

5.1.1 Ausgangssituation

Die in Abbildung 5 dargestellte Kachel 4.1 soll den Bereich der Landwirtschaft näher beleuchten. Sie liegt im Nordwesten der Gesamtregion, südöstlich der Stadt Riesa und nordwestlich von Meißen. Lommatzsch stellt den zentralen Ort in der Kachel dar. Alle Städte und Dörfer der Region sind durch eine Vielzahl von Straßen miteinander verbunden und zergliedern die Region stark, was zu einer geringen ökologischen Integrität führt. Diese Region ist landwirtschaftlich geprägt und eignet sich daher gut für ein Landnutzungsszenario im Bereich Landwirtschaft. Die ausgewählte Kachel weist rund 85% landwirtschaftliche Nutzungsfläche auf, zu dem kommen rund 5% urbaner Raum sowie sehr kleine Waldgebiete, Brachflächen und Grasland. Wie in Abbildung 6 zu erkennen stellt diese Region einen überdurchschnittlichen Anteil Nahrungs- und Futtermittel zur Verfügung. Alle anderen Faktoren liegen unter dem Durchschnitt der Gesamtregion. Besonders auffällig sind die geringen Werte im Bereich Holzproduktion und Kohlenstoffsequestrierung, diese entstehen durch das Fehlen von größeren Waldflächen in der Kachel 4.1. Die unterschiedlichen Szenarien in Abschnitt 5.1.2 bis 5.1.4 wurden mit Hilfe der zweiten modifizierten RegioPower Bewertungsgrundlage angefertigt, da die eigens erstellte Bewertungsgrundlage unzureichende Abstände zwischen einzelnen Landnutzungsklassen besitzt.

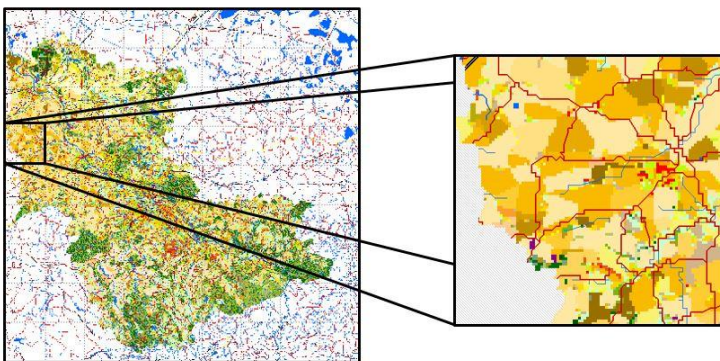


Abb. 5: Gesamtregion mit Kachel 4.1

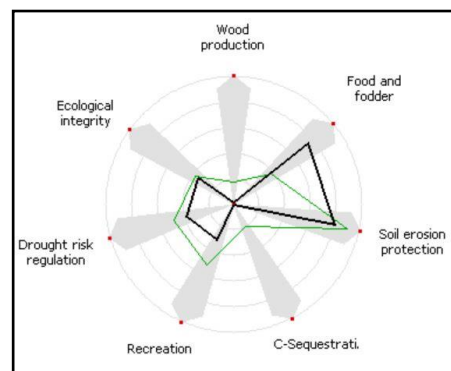
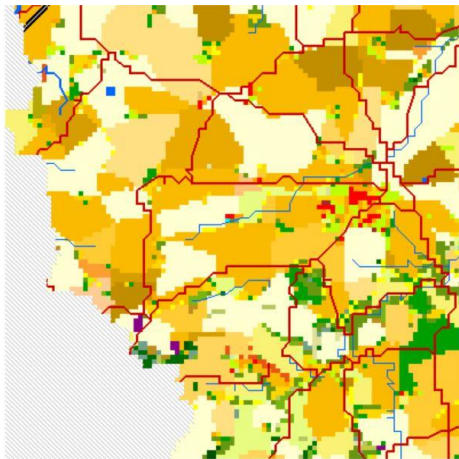


Abb. 6: Bewertungsspinne der Kachel 4.1

5.1.2 Realistisches Szenario

Das erste Szenario soll ein möglich realisierbares Ergebnis zeigen. Ziel ist es die hohen Werte des Bewertungskriteriums Essen und Futtermittel zu behalten und die anderen Kriterien an den regionalen Durchschnitt anzunähern. Um das beschriebene Ziel zu erreichen, wurden zu nächst die Brachflächen zu Mischwäldern aus Fichten und Buchen aufgeforstet. Gründe dafür sind die Steigerung der Holzproduktion und der Kohlenstoffsequestrierung in der waldarmen Region. Zusätzlich erfolgt eine Bepflanzung der L1 Flächen mit D1. Hier bei stellen Raps, Gerste und Weizen die Bepflanzung dar. Diese Umgestaltung führt zu einer Steigerung in fast allen Bewertungskriterien

außer den eben aufgeführten. Im letzten Schritt des ersten Szenarios wurden die Flächen mit Maissilage in Kurzumtriebsplantagen umgebaut. Dies führt zu einer weiteren Steigerung der Holzproduktion sowie Kohlenstoffsequestrierung. Das Abschlussergebnis zeigt, dass alle Werte an das regionale Niveau angenähert werden konnten bzw. die Bewertungskriterien Essen und Futtermittel sowie die ökologische Integrität auf dem gleichen Niveau gehalten werden konnten.



	Start	Min.	Max.	Aktuell	Trend
Wood production	1 17	0	100	5 17	↑
Food and fodder	75 37	0	100	75 37	↔
Soil erosion protection	81 90	0	100	85 90	↑
C-Sequestration	1 19	0	100	5 19	↑
Recreation	31 52	0	100	32 52	↑
Drought risk regulation	37 48	0	100	41 48	↑
Ecological integrity	34 37	0	100	34 37	↔

Abb. 7: Ergebnis der realistischen Simulation

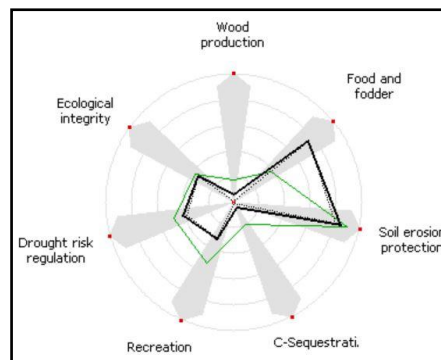


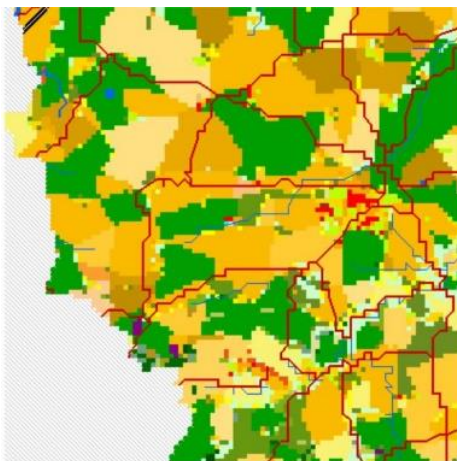
Abb. 8: Bewertungspinne des realistischen Szenarios

5.1.3 Extremes Szenario

Das zweite Szenario soll verdeutlichen, welche Auswirkung eine große Veränderung in der Region für die Ökosystemdienstleistung bedeutet. Dabei wird versucht, alle Faktoren gleichmäßig zu steigern, ohne dass die überdurchschnittlichen Faktoren stark abfallen. Im ersten Schritt wurden die Brauchflächen mit Mischwald aus Douglasie, Tanne und Buche aufgeforstet. Im zweiten Schritt erfolgte eine weitere Vergrößerung der Waldfläche durch Umwandlung der größten Getreideflächen L1 zu einem Mischwald aus Buchen und Fichten. Beide Schritte führen zu einer deutlichen Steigerung aller Faktoren außer dem Verlust an Essen und Futtermittel. Vor allem die Holzproduktion sowie die Kohlenstoffsequestrierung in der Region konnten damit deutlich gesteigert werden. Ebenfalls stieg der Wert der Erholung deutlich an, da die größeren

Waldflächen einen deutlich höheren Erholungsfaktor vorweisen als Ackerland. Im letzten Schritt erfolgte eine Umgestaltung der Maissilage zu Kurzumtriebsplantagen, welche zu einer weiteren Steigerung der Holzproduktion sowie wie der Kohlenstoffsequestrierung beiträgt.

In Abbildung 9 ist zu erkennen, dass alle Faktoren bis auf die Nahrungs- und Futtermittelproduktion deutlich gesteigert werden konnten. Der Rückgang der Futtermittelproduktion ist bei dem hohen Anteil an Ackerflächen in der Ausgangssituation nicht zu vermeiden, da Waldflächen deutlich geringere Werte aufweisen. Sie steigern hingegen aber alle der anderen Bewertungskriterien, so dass der Abfall eines Bewertungskriteriums auf hohem Niveau zu verkraften ist, da die Werte immer noch über dem regionalen Durchschnitt liegen. Insgesamt konnten alle Werte deutlich an den regionalen Wert angepasst werden. Dieser starke Eingriff stellt im Vergleich zu den anderen Szenarien eine sehr unrealistische Veränderung dar, da diese starken Veränderungen nur mit extremen Abänderungen realisiert werden können.



	Start	Min.	Max.	Aktuell	Trend
Wood production	1 17	0	100	23 17	↑
Food and fodder	75 37	0	100	52 36	↓
Soil erosion protection	81 90	0	100	87 90	↑
C-Sequestration	1 19	0	100	25 19	↑
Recreation	31 52	0	100	45 52	↑
Drought risk regulation	37 48	0	100	49 48	↑
Ecological integrity	34 37	0	100	41 37	↑

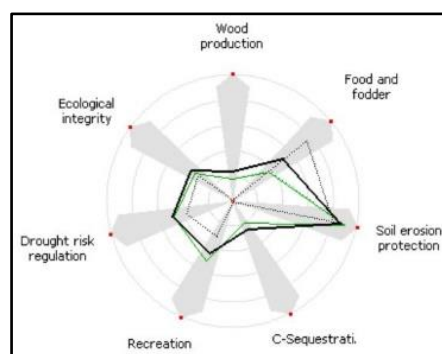
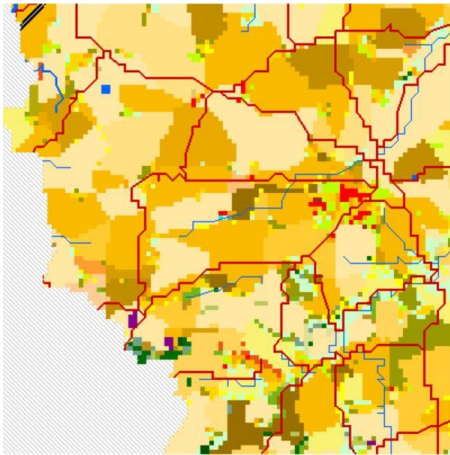


Abb. 9: Ergebnisse der extremen Simulation

5.1.4 Szenario mit minimalen Veränderungen

Das letzte Szenario soll eine schnelle und einfache Möglichkeit darstellen alle Bewertungsfaktoren leicht zu steigern oder auf dem Niveau zu halten. Dazu wurden einzig und allein die Brachflächen mit Esche bepflanzt, was dazu führte, dass fünf der sie-

ben Faktoren eine Steigerung aufzeigen (vgl. Abb. 10). Die anderen Bewertungskriterien bleiben dabei stabil. Dieses Szenario zeigt, wie schnell es möglich ist die Ökosystemdienstleistung einer Region zu erhöhen. Zugleich aber auch welchen Einfluss die Bewertungsgrundlage auf die Szenarienerstellung hat. Da eine Landnutzungs-kategorie mit extrem guten Werten bei allen Kriterien es schafft, bei einem relativ kleinen Anteil (3%) an der Gesamtkachel diese in der Wertigkeit zu verändern.



	Start	Min.	Max.	Aktuell	Trend
Wood production	1 17	0	100	3 17	↑
Food and fodder	75 37	0	100	76 37	↑
Soil erosion protection	81 90	0	100	81 90	→
C-Sequestration	1 19	0	100	3 19	↑
Recreation	31 52	0	100	32 52	↑
Drought risk regulation	37 48	0	100	38 48	↑
Ecological integrity	34 37	0	100	34 37	→

Abb. 10: Ergebnisse der minimalen Simulation

5.2 Wald

Die Beispielkachel 7:8 für den vorwiegend von Wald geprägten Landnutzungstyp, liegt im Elbsandsteingebirge. Auf der Karte in Abbildung 11a lässt sich erkennen, dass der Wald 71% der Fläche in Anspruch nimmt. Dabei ist der Süden der Kachel vollständig bewaldet, während im Norden da Ackerland zunimmt. Ganz im Norden liegt eine Siedlung.

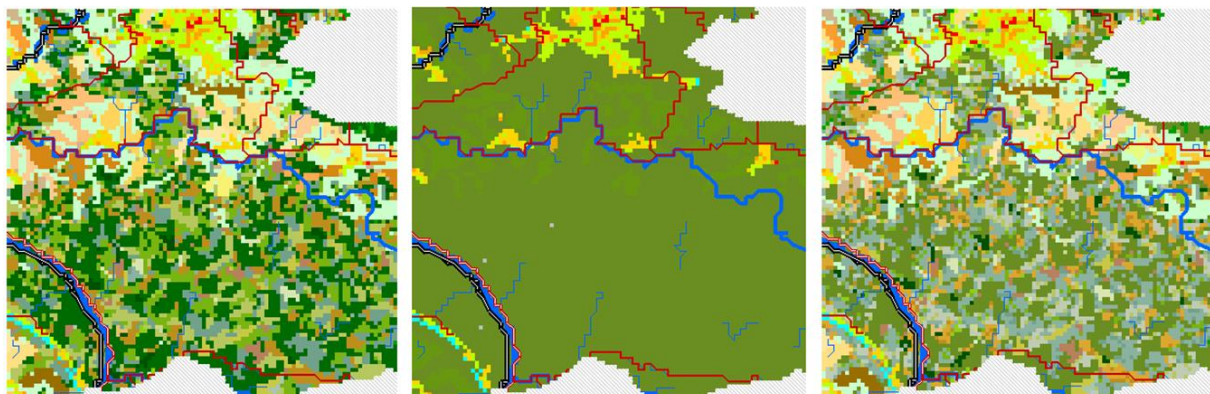


Abb. 11: Landnutzung der Kachel Regiopower 7:8 (GISCAM). Links ist der Ausgangszustand zu sehen, in der Mitte die Landnutzung des ersten Szenarios und Rechts die Landnutzung des zweiten Szenarios

Auf Abbildung 12 ist die prozentuale Flächenverteilung der einzelnen Baumarten bezogen auf die Gesamtfläche dargestellt. Die Waldflächen bestehen zu 30 % aus Fichtenreinbeständen und zu je 10% aus Lärchen-, Kiefern-, Birken- und Buchenreinbeständen der Rest sind Mischwaldbestände und andere Hölzer.

Im Vergleich mit der gesamt Region liegt der Waldbereich in den meisten Funktionen über dem Durchschnitt, wie in Abbildung 13 zu sehen. Die einzige unterdurchschnittliche Funktion ist die Nahrungsmittel- und Tierfutterproduktion. Dies ergibt sich aus dem niedrigen Anteil der Landwirtschaft. Die Stärke der Region liegt in der Produktion von Holz und der Erholung. Daher soll die Region in diesen Funktionen gestärkt werden

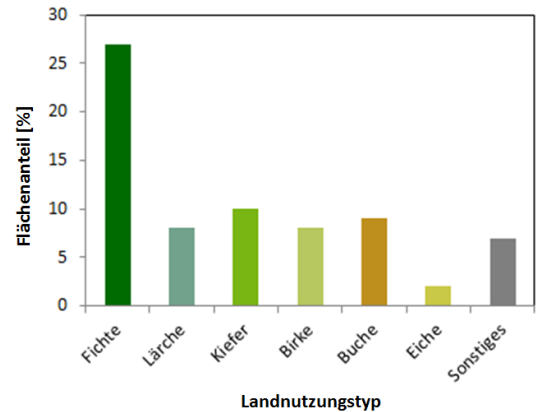


Abb. 12: Flächenanteile der Baumart an der Gesamtfläche

Im ersten Szenario soll die Holzproduktion maximiert werden, da ein Großteil des Gebiets von Wald bedeckt ist, die Holzproduktionsfunktion aber eher niedrig ist.

Als erste Maßnahme wird der gesamte Wald zu einem Douglasien, Fichten, Buchen Mischwald umgebaut. Dies führt dies zur Verdopplung der Holzproduktion und einer höheren C-Sequestrierung ohne die anderen Landnutzungsfunktionen zu verringern. Um die Holzproduktion weiter zu erhöhen werden die Landwirtschaftlichen Flächen zu Kurzumtriebsplantagen umgewandelt und die Wiesen und Brachflächen mit Douglasien, Fichten und Buchen Mischwald aufgeforstet.

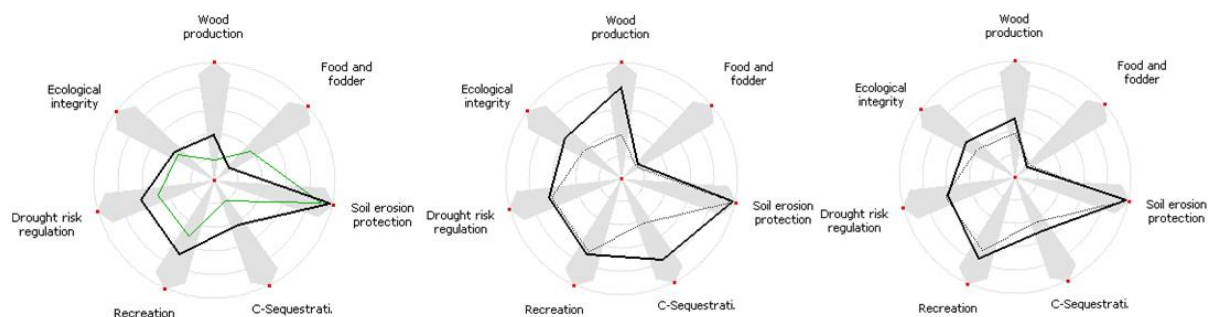


Abb. 13: Netzdiagramme der Landnutzungsfunktionen. Links der Ausgangszustand in der Mitte der Zustand nach dem ersten Szenario und Rechts der Zustand nach dem zweiten Szenario. Die grüne Linie stellt dabei den Zustand der Gesamtregion, die dünne gestrichelte Linie den Ausgangszustand und die dicke Linie das Ergebnis der Simulation dar.

Das Ergebnis ist in Abbildung 13b zu sehen. Die Holzproduktion hat sich mehr als Verdoppelt, genau wie die C-Sequestrierung. Ein Nachteil dieses Szenarios ist, dass der Shannon's Diversitätsindex von 2,38 auf 0,63 sinkt, da die Landschaft durch diese Veränderung sehr monoton geworden ist, wie auch auf der Übersichtskarte in Abbildung 11b zu sehen. Daher ist es unwahrscheinlich, dass diese großflächigen Eingriffe von der Bevölkerung akzeptiert werden, da dies unter anderem dem Tourismus

schaden würde, aber es zeigt, dass die Holzproduktion in dem Gebiet deutlich verbessert werden kann.

Im zweiten Szenario wird die Landschaft so verändert, dass die tatsächliche Umsetzung der Vorschläge wahrscheinlicher ist als im ersten Szenario. Der Wald wird dabei nur teilweise umgebaut. Der Fichtenwald wird durch Douglasien Fichten und Buchen Mischwald ersetzt, um die Holzproduktion zu erhöhen. Da der Fichtenwald vermutlich am intensivsten bewirtschaftet wird lohnt sich diese Maßnahme dort am meisten. Der Buchenwald wird teilweise durch Buchen Tannen Mischwald ersetzt, der Kiefern und Lärchenwald durch Lärche Tanne und der Birkenwald durch Tannen und Sumpfbirkenmischwald. Dadurch steigen sowohl die Holzproduktion, als auch die Ökologische Integrität und die Erholungsfunktion. Felder die von Wald umschlossen sind wurden aufgeforstet oder durch Kurzumtriebsplantagen ersetzt. Die naturnahen Flächen im Untersuchungsgebiet sind sehr gut verbunden, an wenigen Stellen wurden Hecken gepflanzt, um ihre Verbindungen zu verbessern. Bei den landwirtschaftlichen Klassen wurde die Klasse Raps-Weizen-Gerste-Weizen durch Raps-Triticale-Gerste ersetzt, da diese eine höhere ökologische Integrität bei gleichem Ertrag hat. Auf Abbildung 13c ist zu sehen, dass sich die einzelnen Landnutzungsfunktionen nicht so stark verbessert haben wie im ersten Szenario, aber es wurden Verbesserungen bei der Holzproduktion, der Ökologischen Integrität, der C-Sequestrierung und der Erholung erreicht. Bei der Erholung sogar mehr als im ersten Szenario. Die verbundenen naturnahen Flächen machen jetzt 76,41% aus

Zusammenfassend kann man sagen, dass das hohe Potenzial des Gebietes zur Holzproduktion durch einen gezielten Waldumbau noch besser ausgeschöpft werden kann. Hierbei empfiehlt sich vor allem das Einbringen von Tannen. In den intensiv genutzten Fichtenwäldern kann die Douglasie für eine erhöhte Wirtschaftlichkeit sorgen. Die landwirtschaftlich genutzten Flächen können durch die vermehrte Pflanzung von z.B. Raps zu einer Verschönerung der Landschaft beitragen, genau wie die Pflanzung von Hecken an den Feldrändern. Eine weitere Möglichkeit ist die Pflanzung von Kurzumtriebsplantagen auf den Feldern, um die Holzproduktion weiter zu erhöhen.

5.3 Urbane Flächen

Die Kachel 5:4 ist ein Beispiel für den städtischen Ballungsraum. Zu sehen ist die Altstadt von Dresden mit der Elbe und dem landwirtschaftlich geprägten Umland, abgebildet auf Abbildung 14. 46 % der Fläche sind von urbaner Natur und 18 % waldbestanden. Die übrigen 33% sind landwirtschaftlich geprägt.

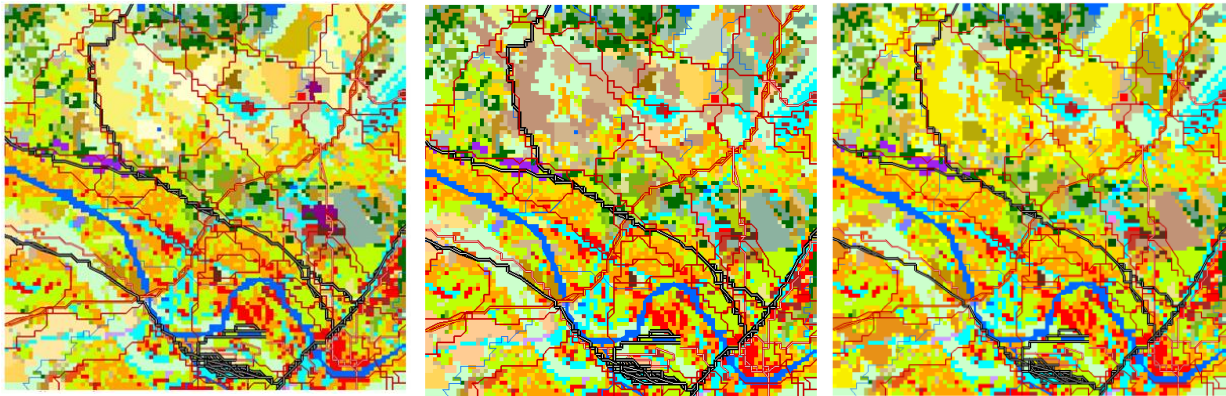


Abb. 14: Landnutzung Kachel 5:4. Links ist der Ausgangszustand zu sehen, in der Mitte die Landnutzung des ersten Szenarios und Rechts die Landnutzung des zweiten Szenarios.

Durch die Bodenversiegelung ist der Bodenerosionsschutz sehr gut, die anderen Landnutzungsfunktionen sind in dieser Kachel unterdurchschnittlich ausgeprägt, wie auf Abbildung 15 zu sehen. Da in einem städtischen Raum die Produktion von Holz und landwirtschaftlichen Gütern nicht im Vordergrund steht ist es auch natürlich, dass diese Faktoren niedrig sind. Für die Lebensqualität der Dresdner wäre aber ein Anstieg der Erholungsfunktion und der Ökologischen Integrität wünschenswert.

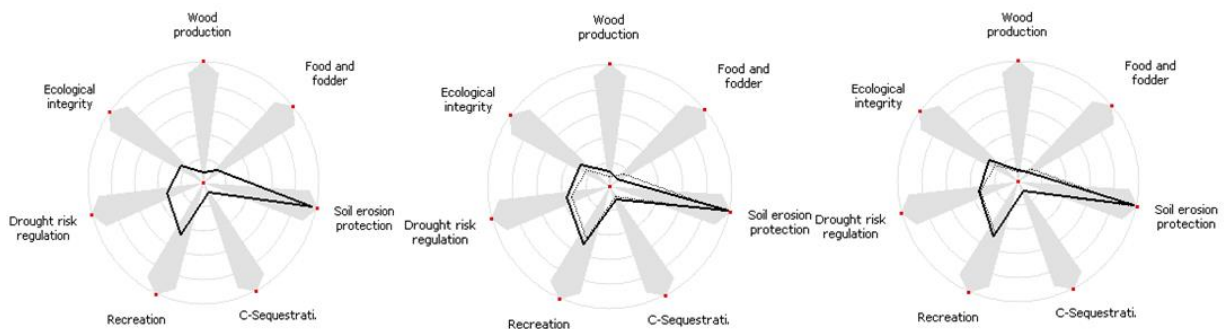


Abb. 15: Netzdiagramme der Landnutzungsfunktionen. Links der Ausgangszustand in der Mitte der Zustand nach dem ersten Szenario und Rechts der Zustand nach dem zweiten Szenario. Die dünne gestrichelte Linie stellt dabei den Ausgangszustand und die dicke Linie das Ergebnis der Simulation dar.

Im ersten Szenario wurden die Landwirtschaftlichen Flächen durch unterschiedliche Waldarten ersetzt, sowie Brachflächen. Die beiden Tagebauten wurden als Feuchtgebiet renaturiert. Trotz größerer Umbaumaßnahmen haben sich die Landnutzungsfunktionen ökologische Integrität und Erholung nur leicht verbessert. Dies liegt vor allem daran, dass fast die Hälfte des Gebiets urban geprägt ist und in diesen Bereichen nichts verändert werden kann.

Da eine großangelegte Aufforstung nur schwer durchzusetzen ist, wird im zweiten Szenario auf den Landwirtschaftlichen Flächen Raps-Triticale-Gerste und Klee-Weizen-Kartoffeln-Erbesen-Roggen-Sonnenblumen und Klee-Klee-Hafer-Gerste-Erbesen-Roggen angepflanzt, da diese Pflanzensorten von Menschen als attraktiv empfunden werden und eine hohe ökologische Integrität aufweisen. Die Ackerflä-

chen direkt im urbanen Bereich wurden in Brachland umgewandelt. An den Rändern der Äcker wurden Hecken gepflanzt um die ökologische Vielfalt zu erhöhen. Die beiden Tagebauten wurden als Feuchtgebiet renaturiert.

Auf Abbildung 15c ist zu sehen, dass die Veränderungen nur marginal sind. Eine kleine Verbesserung wurde bei der Ökologischen Integrität und der Erholung erreicht. Zusammenfassend lässt sich für das Gebiet empfehlen, das städtische Umland von Dresden landschaftlicher Attraktiver zu gestalten um die Lebensqualität der Einwohner weiter zu verbessern. Dies kann durch eine Extensivierung der Landwirtschaft und eine vermehrte Anpflanzung der in Szenario zwei verwendeten Fruchtfolgen geschehen. Eine weitere Möglichkeit sind Hecken an den Felldrändern. Auch wenn diese nur einen kleinen Effekt auf die Gesamtbewertung haben, so ist der lokale ökologische Nutzen sehr groß.

6 Biomassemodul

Das Biomassemodul (BM) ist eines der Addons innerhalb von GISCAME. Es wird verwendet, um sowohl die zeitliche als auch räumliche Dynamik der Ressourcenbereitstellung durch die Agrar- und Forstwirtschaft innerhalb einer Region zu modellieren. Ziel der Anwendung ist die Bewertung verschiedener Managementstrategien, um eine Erhöhung der Biomassebereitstellung zu erzielen (PIETZSCH 2014:3).

Mittels des Moduls wurden ein Extrem- und ein realistisches Szenario berechnet. Die Analyse der Bereitstellung sollte sich auf den Bereich der Forstwirtschaft konzentrieren. Aus diesem Grund wurde ein Ausschnitt der Gesamtregion gewählt, der annähernd der Teilregion des Abschnitts „Forstwirtschaft“ unter dem Punkt „Planungsszenarien“ entsprach. Die Auswahl der exakt gleichen Region war jedoch nicht möglich, da die Gesamtregion innerhalb des Biomassemoduls nicht in einzelne, festgelegte Kacheln unterteilt ist. Das Untersuchungsgebiet ist in seinem Grundzustand in Abbildung 11 zu sehen. Für die Modellierung der zeitlichen Entwicklung der Biomassebereitstellung wurden jeweils die Zeitschritte 0, 5, 10, 50, 100 und 200 Jahre verwendet. Beide Szenarien sollen im Abschnitt 6.3 mittels des im Biomassemodul enthaltenen Analysetools für jeden Zeitschritt verglichen werden.

6.1 Extremszenario

Das Ziel des Extremszenarios war die Erwirtschaftung möglichst großer Erträge ohne Berücksichtigung der Realitätsnähe und Umsetzbarkeit eines solchen Ansatzes. Letztere Bedingung sollte jedoch lediglich das Fehlen sozialer, ökonomischer und rechtlicher Hemmnisse beinhalten, nicht aber das Außerachtlassen mittel- bzw. langfristiger Entwicklungen natürlicher Gegebenheiten. Aufgrund dessen wurden hier zu erwartende, durch den Klimawandel bedingte Veränderungen berücksichtigt.

Im Zeitschritt 0 wurden alle in der Analyseregion vorhandenen Baumbestände in Buchen-Fichten-Mischwald umgewandelt. Die einzelnen Baumarten sind bei dieser Nutzungsform in einem Verhältnis von 1:3 vertreten (d.h. 25% Buche, 75% Fichte). Das Szenario sah für die Zeitschritte von 5, 10 und 50 Jahren keine Eingriffe in die zu Beginn angelegten Bestände vor. Nach 100 Jahren wurde für die zu Beginn angelegten Buchen-Fichten-Mischbestände ein Kahlschlag durchgeführt. Der Grund hierfür ist zum einen das nun hohe Alter der Bäume und die dadurch hohe Gewinnerwartung. Zum anderen muss die Entwicklung des Klimas in der untersuchten Region in die Planungsüberlegungen einbezogen werden. Es wurde hierbei das Klimawandelszenario RCP 8.5 als am wahrscheinlichsten angenommen, wonach die mittlere globale Temperatur bis zum Jahr 2100 um mehr als 4K ansteigt (DKRZ [1] n.a.). Des Weiteren geht das DKRZ ([2] n.a.) in diesem pessimistischsten seiner berechneten Szenarien von einem deutlichen Rückgang des Niederschlagsvolumens in Mitteleuropa in den Sommermonaten um 25% bis 50% aus, was zwar durch die Prognose steigender Niederschläge um 25% in den Wintermonaten abgefangen, jedoch nicht ausgeglichen werden wird. Diese Faktoren bedingen gemeinsam eine sukzessive Abnahme der Eignung des hier analysierten Standorts für die Bewirtschaftung mittels Buchen-Fichten-Beständen, da diese im Vergleich zu anderen Baumarten einen hohen Wasserbedarf und gleichzeitig eine geringe Toleranz gegenüber einem wärmeren Klima aufweisen (FÜRST [2] 2014:24). Als neue Nutzungsform sah das Extrem-szenario eine Neubepflanzung der gesamten gerodeten Waldfläche mit Eichen-Kiefern-Mischbeständen vor. Diese Baumarten bevorzugen trockenere und wärmere Standorte (ebd.) und sind deshalb für die hier angenommenen klimatischen Bedingungen gut geeignet. Das Mischungsverhältnis betrug auch hier 1:3 (d.h. 25% Kiefer, 75% Eiche). Nach weiteren 100 Jahren (d.h. Zeitschritt 200) wurden die im Zeitschritt 100 entstandenen Bestände per Kahlschlag gerodet und durch eine gleiche Nutzungsform ersetzt. Es zeigte sich hierbei, dass der Klimawandel in diesem Landnutzungsszenario drastische Auswirkungen auf die Produktivität und damit den wirtschaftlichen Gewinn der Forstwirtschaft des Untersuchungsgebiets hätte. Der resultierende Volumen- und Heizwert bei Rodung der einhundertjährigen Eichen-Kiefern-Mischbestände liegt deutlich unterhalb des möglichen Ertrags gleichaltriger Buchen-Fichten-Wälder (vgl. Abb. 16).

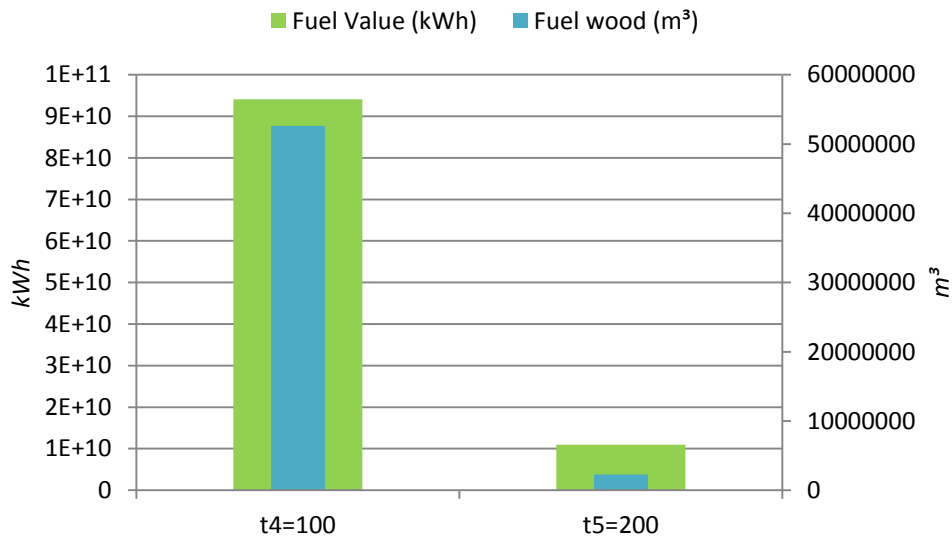


Abb. 16: Heizwert und Volumen hundertjähriger Buchen-Fichten- und Eichen-Kiefern-Bestände

6.2 Realistisches Szenario

Im Gegensatz zum Extremszenario wurde beim realistischen Szenario auf die Umsetzbarkeit der angewandten Maßnahmen Rücksicht genommen. Dies ist jedoch aufgrund fehlender Informationen über die Besitzer bzw. Nutzer der entsprechenden forstwirtschaftlichen Flächen sowie lokale Gegebenheiten, die eventuell Hemmnisse darstellen könnten, relativ schwierig. Eine geplante Maßnahme kann im Szenario Vorteile aufzeigen und theoretisch realistisch sein; das impliziert jedoch nicht, dass ein Entscheidungsträger diese auch in der Realität umsetzt. Deshalb beschränkt sich die Einschätzung der Umsetzbarkeit und Realitätsnähe der im Folgenden genannten Maßnahmen lediglich auf den Umfang der angewandten Maßnahmen, d.h. die Größe und Anzahl umgebaute Bestände innerhalb eines Zeitschritts, das Alter der entsprechenden Bestände sowie die Eignung bestimmter Baumarten im Kontext prognostizierter klimatischer Veränderungen im Untersuchungsgebiet.

Im ersten Zeitschritt (0 Jahre) wurden Fichtenbestände, die älter als 100 Jahre waren, zu Eichen-Kiefern-Mischbeständen umgewandelt. Die Methode des Kahlschlags kam nicht zum Einsatz. Zwar sind zurzeit die klimatischen Bedingungen für die Anpflanzung von Fichten, Buchen oder Mischbeständen beider Baumarten noch geeignet, jedoch wurde im Sinne der Nachhaltigkeit eine weiterführende Nutzungsform gewählt, die, wie in Abschnitt 6.1 erläutert, den in Zukunft zu erwartenden klimatischen Bedingungen in der Untersuchungsregion Rechnung trägt (FÜRST [2] 2014:24). Da für beide hier vorgestellten Szenarien ein Bestandsalter von 100 Jahren als Referenzwert für die Umtriebszeit angewendet wurde, konnte keine Umwandlung in eine Nutzung mit Baumarten mit höherem Wasserbedarf und geringerer Toleranz gegenüber wärmeren Temperaturen durchgeführt werden. Das Klimawandelszenario RCP 8.5 prognostiziert eine Überschreitung des 2°-Ziels noch vor dem Jahr 2050 (DKRZ

[1] n.a.), was Anlass zu der Annahme gibt, dass die Eignung der klimatischen Bedingungen für die Bepflanzung mit Fichten und Buchen noch vor Erreichen der Umtriebszeit der neu angelegten Bestände nicht mehr gesichert wäre. Kiefernbestände mit einem Alter von über 100 Jahren wurden per Kahlschlag entfernt und mit der gleichen Nutzung neu angelegt, da diese Baumart auch unter den prognostizierten klimatischen Gegebenheiten geeignet ist. Im Zeitschritt 5 wurden lediglich zwei Buchenbestände und ein Fichtenbestand, welche die gewünschte Umtriebszeit erreicht hatten, in die für das Szenario präferierte Eichen-Kiefern-Mischwaldnutzung umgewandelt. Die gleiche Vorgehensweise traf auch auf den folgenden Zeitschritt (10 Jahre) zu, wobei hier allerdings auch Bestände umgewandelt wurden, die kurz vor Erreichen eines Alters von 100 Jahren standen (d.h. Alter über 90 Jahre), da der folgende Zeitschritt von 50 Jahren zu einer deutlichen Überschreitung der geplanten Umtriebszeit geführt hätte. In Zeitschritt 50 wurden alle noch verbliebenen Bestände mit Anteilen von Buche oder Fichte zu Eichen-Kiefern-Mischbeständen umgebaut, um der oben erläuterten Entwicklung des Klimas gerecht zu werden. Dabei wurden auch jüngere Bestände umgebaut, um die gesamte Landnutzung der Region auf die geänderten Bedingungen abzustimmen. Zudem wurden in diesem Zeitschritt die zuvor noch zu jungen, aber stärker wasserbedürftigen Lärchenbestände in Eichen-Kiefern-Mischbestände umgewandelt (ENGLISCH et al. 2011). Die vereinzelt in der Region vorhandenen Tannenbestände wurden aufgrund ihrer Toleranz gegenüber den in RCP 8.5 prognostizierten Klimaänderungen (MUCK et al. 2012) für das Nutzungsszenario beibehalten. Alternativ hätte diese Nutzungsart also auch bestehende Buchen- und Fichtenbestände ersetzen können. Nach dem erfolgten generellen Umbau der forstlichen Nutzung der untersuchten Region wurden in den folgenden Zeitschritten (100 und 200 Jahre) keine Änderungen vorgenommen.

6.3 Vergleich der Szenarien mithilfe des Analysetools im Biomassemodul von GISCAM

Abbildung 17 zeigt Werte des Stammvolumens (SV), des Energieholzvolumens (Fuel wood) und des erzielten Brennwertes (Fuel Value) jeweils für beide Szenarien für den Zeitschritt 0.

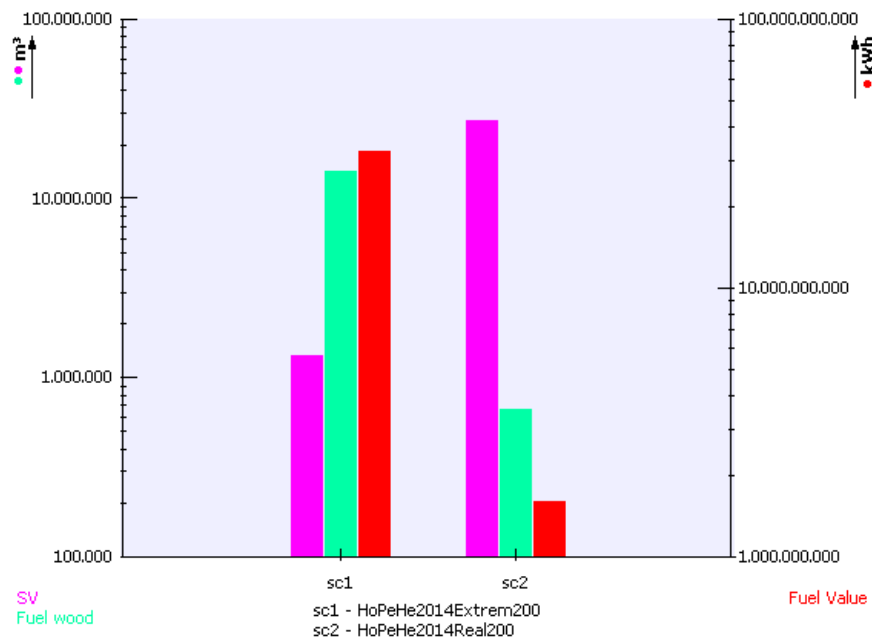


Abb. 17: Vergleich der Szenarien für Zeitschritt 0

Der Kahlschlag aller Waldbestände im Extremszenario führt hier zu einem sehr großen Aufkommen an Energieholz mit sehr hohem Heizwert. Im Vergleich dazu ist der Ertrag aus den relativ kleinflächigen Umbaumaßnahmen des realistischen Szenarios deutlich geringer. Hier verbleibt dadurch im Gegensatz zum Extremszenario allerdings ein weitaus größeres Stammvolumen. Durch das Anlegen neuer Baumbestände auf der gesamten Fläche des Untersuchungsgebiets ist das Stammvolumen im Extremszenario für den Zeitschritt 5 vergleichbar gering. Auch konnte hier im Gegensatz zum realistischen Szenario nur ein sehr geringer Ertrag an Energieholz mit sehr geringem Heizwert erzielt werden (vgl. Abb. 18). Im realistischen Szenario ist auffällig, dass trotz der im Vergleich zum vorhergehenden Zeitschritt flächenmäßig weniger umfangreichen Umbauten ein etwas größeres Energieholzvolumen (+ 16011 m³) und folglich ein höherer Heizwert (+ 62102144 kWh) zu verzeichnen waren. Das Stammvolumen erhöhte sich hier außerdem um 2808448m³ im Vergleich zu Zeitschritt 0.

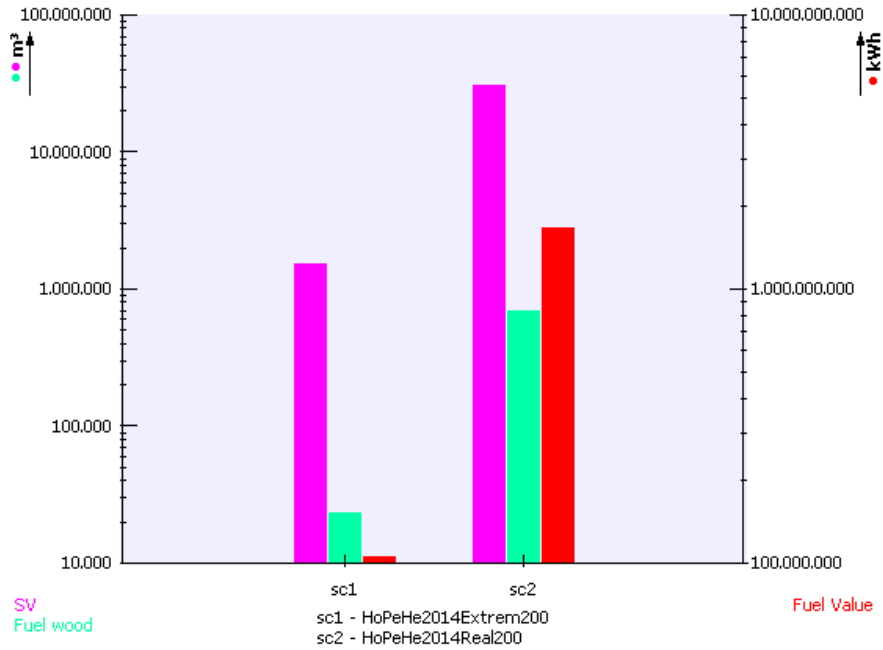


Abb. 18: Vergleich der Szenarien für Zeitschritt 5

Die simulierten Werte für den Zeitschritt von 10 Jahren können Abbildung 19 entnommen werden. Die nach dem realistischen Szenario bewirtschafteten Waldbestände konnten im Vergleich zum Extremszenario deutlich mehr Energieholz und damit Brennwert generieren. Auch das Stammvolumen war aufgrund der größeren Anzahl reiferer Bestände vergleichsweise größer.

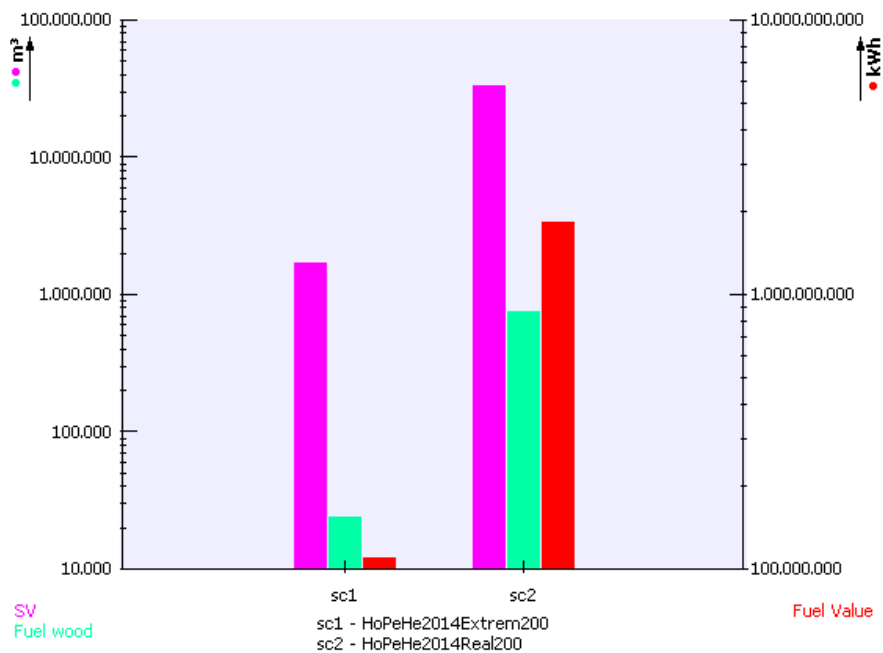


Abb. 19: Vergleich der Szenarien für Zeitschritt 10

Nach 50 Jahren wurden mittels des realistischen Szenarios, auch in Relation zu den vorangegangenen Leistungen, sehr hohe Erträge erwirtschaftet (vgl. Abb. 20). Dies ist auf den relativ großflächigen Umbau aller verbliebenen, für die prognostizierte Entwicklung des Klimas als nicht geeignet eingeschätzten Nutzungsarten zurückzuführen. Des Weiteren ist anzumerken, dass in diesem Zeitschritt das Stammvolumen der Bestände des Extremszenarios erstmalig das des realistischen Szenarios übersteigt, da sich das Bestandalter beider Szenarien durch den anhaltenden Umbau über die Zeit im realistischen Szenario und den „hands-off“-Ansatz des Extremszenarios sukzessive angeglichen hat.

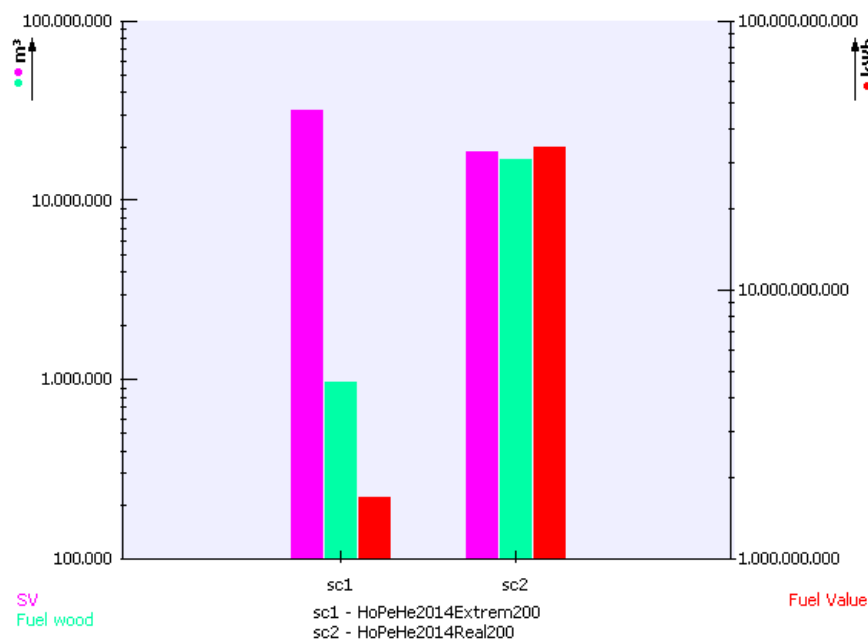


Abb. 20: Vergleich der Szenarien für Zeitschritt 50

Im einhundertjährigen Zeitschritt wurde im Extremszenario wieder ein Kahlschlag aller vorhandenen Waldbestände durchgeführt. Dies führte erneut zu extrem hohen Energieholzerträgen mit entsprechend hohem Heizwert (vgl. Abb. 21). Letzterer erreichte einen Wert von 94 Milliarden kWh. Dies entspricht einer Steigerung um 193% im Vergleich zu Zeitschritt 0. Das im Extremszenario erwirtschaftete Energieholzvolumen überschreitet das Stammvolumen des realistischen Szenarios um 25,9 Millionen m³. Daraus lässt sich schließen, dass die Leistungsfähigkeit der Bestände des Extremszenarios im Vergleich zum realistischen Szenario in diesem Zeitschritt höher war, da das im ersteren als Ertrag zu verbuchende Volumen selbst durch Addition des Energieholzvolumens und des Bestandsvolumens letzteren nicht erreicht werden konnte.

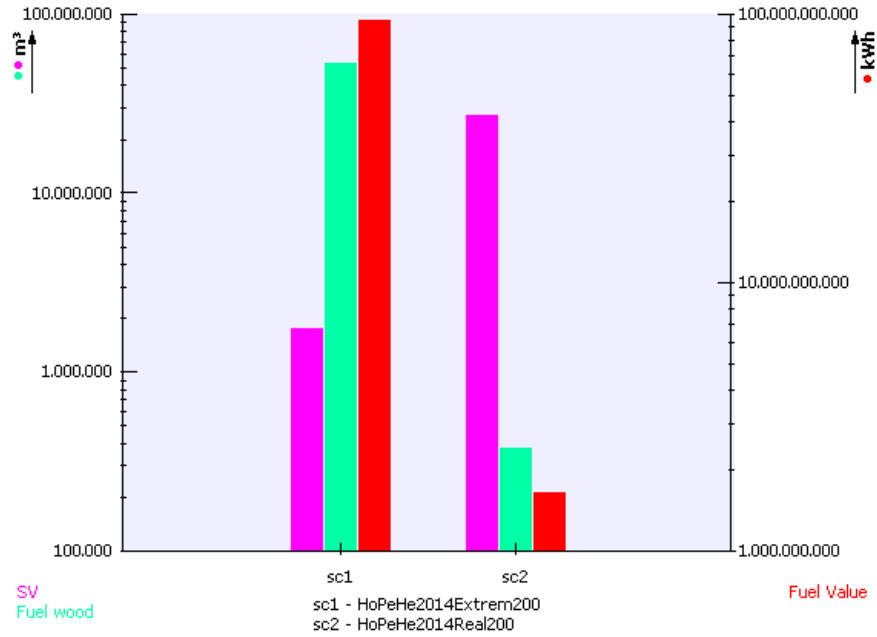


Abb. 21: Vergleich der Szenarien für Zeitschritt 100

Die Ergebnisse des letzten Zeitschritts sind in Abbildung 22 dargestellt. Durch den im Extremszenario durchgeführten Kahlschlag auf der Gesamtfläche des Untersuchungsgebiets konnten wieder hohe Erträge beim Energieholz erzielt werden. Diese blieben jedoch deutlich hinter den Erträgen des vorangegangenen Zeitschritts zurück, wie in Abschnitt 6.1 bereits erläutert wurde. Die Erträge des realistischen Szenarios sind vergleichbar mit den Zeitschritten 0, 5, 10 und 100.

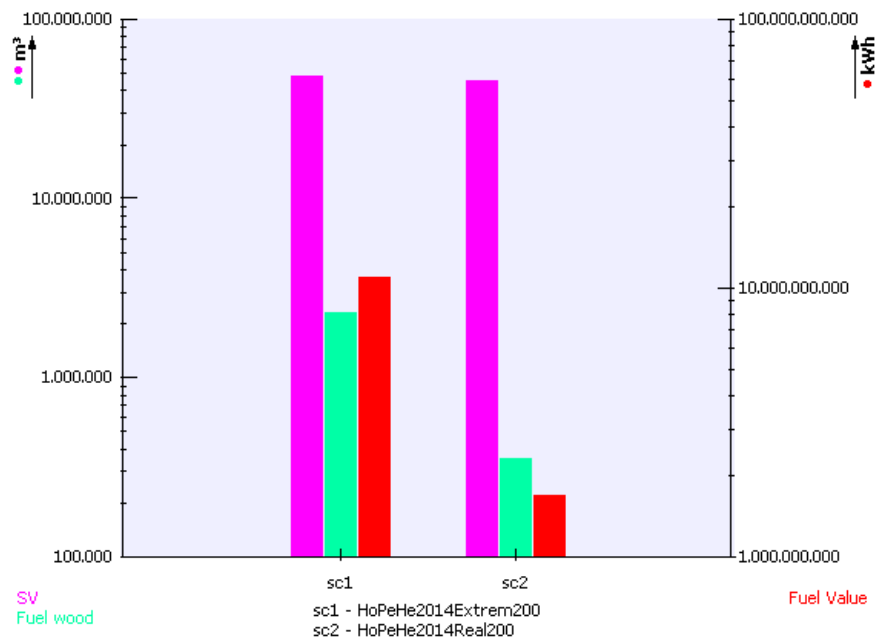


Abb. 22: Vergleich der Szenarien für Zeitschritt 200

Der im realistischen Szenario angewandte Ansatz kontinuierlicher Umbauten nach Bedarf und Bestandsalter ermöglicht in jedem Zeitschritt einen gesicherten Ertrag an Holz zur Energiegewinnung. Dagegen generiert das Extremszenario nur alle 100 Jahre ein hohes Aufkommen an Energieholz. Dieses übersteigt dann jedoch die Teilleistungen des realistischen Szenarios um ein Vielfaches. Über den Gesamtzeitraum von 200 Jahren wurden mittels des Extremszenarios ca. 70 Millionen m³ Energieholz mit einem Brennwert von rund 139 Milliarden kWh erzeugt. Das realistische Szenario konnte hingegen in der gleichen Zeitspanne lediglich 19,5 Millionen m³ Energieholz mit einem Brennwert von 42,3 Milliarden kWh erzielen (vgl. Abb. 23).

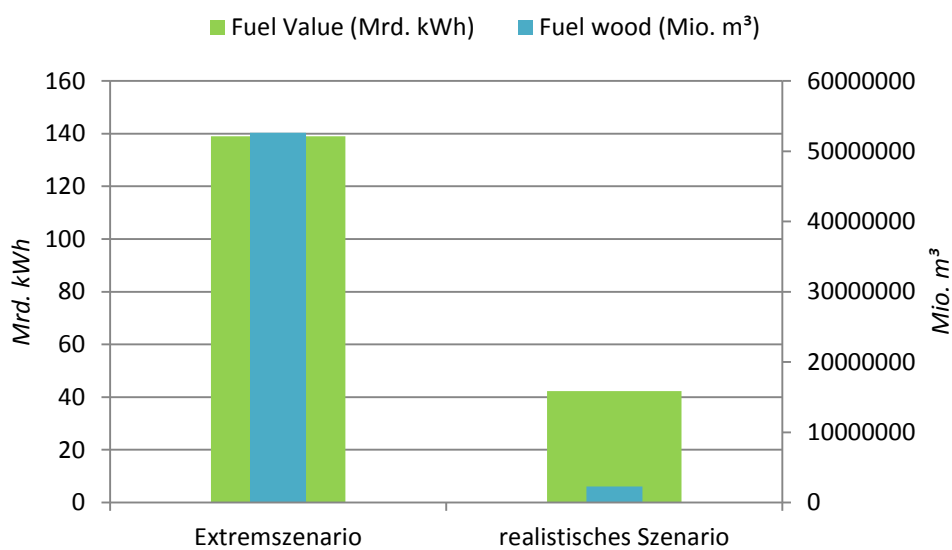


Abb. 23: Erträge der Szenarien über den Gesamtzeitraum

Obwohl die Erträge des Extremszenarios deutlich höher ausfallen, ist ein solcher Ansatz für die praktische Anwendung nicht geeignet. Die erwirtschafteten Mengen an Energieholz treten jeweils nur alle 100 Jahre auf; eine kontinuierliche Gewinnsicherung wäre also nicht gegeben. Zudem ist es fraglich, ob das erzielte Energieholzvolumen am Markt abgesetzt werden könnte. Ein plötzliches Überangebot würde den Marktpreis stark absinken lassen und die Forstwirtschaft der Untersuchungsregion könnte keine Gewinne einfahren. Ein geringerer, aber dafür kontinuierlich auftretender Ertrag, wie ihn das realistische Szenario ermöglicht, wäre in der praktischen Anwendung eine bessere Lösung.

7 Fazit

Der Großteil der Landschaft wird durch die Land- und Forstwirtschaft geprägt, daher haben diese beiden Wirtschaftszweige auch das größte Potenzial zur Verbesserung der Landschaftsfunktionen beizutragen. Dies ist neben der Produktion von Lebensmitteln ihre wichtigste Aufgabe, vor allem da sie nur einen kleinen Teil zur Bruttowertschöpfung beitragen, wie in Kapitel 2 gezeigt. Daher wäre es wünschenswert wenn sich die Land- und Forstwirte ihrer Verantwortung bewusst werden und noch aktiver an dem Prozess der Verbesserung der Landschaftsfunktionen mitwirken.

Literatur

- BOROWKA, H. (2000): Nitrat NO₃. Nitrat.< <http://www.nitrat.de/Nitrat-NO3/nitrat-no3.html>> (Stand: 2000) (Zugriff: 2014-05-15).
- DKRZ (Deutsches Klimarechenzentrum) (n.a.): Globale Mitteltemperatur. – <<http://www.dkrz.de/Klimaforschung/konsortial/ipcc-ar5/ergebnisse/Mitteltemperatur>> (Stand: n.a.) (Zugriff: 2014-05-13).
- DKRZ (Deutsches Klimarechenzentrum) (n.a.): Niederschlag. – <<http://www.dkrz.de/Klimaforschung/konsortial/ipcc-ar5/ergebnisse/niederschlag>> (Stand: n.a.) (Zugriff: 2014-05-13).
- Elbtal/Osterzgebirge, R. P. (2013): Regionaler Planungsverband Oberes Elbtal/Osterzgebirge. – <<http://www.rpv-elbtalosterz.de/index.php?id=planungsregion>> (Stand: n.a.) (Zugriff: 2014-05-20).
- Elbtal/Osterzgebirge, R. P. (2013): Regionaler Planungsverband Oberes Elbtal/Osterzgebirge. – <<http://www.rpv-elbtalosterz.de/index.php?id=siedlungsstruktur>> (Stand: n.a.) (Zugriff: 2014-05-07).
- ENGLISCH, M., F. STARLINGER & H. LIN (2011): Die Lärche – ein Baum für alle Fälle? – <http://www.waldwissen.net/wald/baeume_waldpflanzen/nadel/bfw_laerche_portrait/index_DE> (Stand: 2011-08-19) (Zugriff: 2014-05-15).
- FÜRST, C. (2014): Vorlesungsreihe GEO 404. Einführung. Vortrag, Friedrich-Schiller-Universität Jena (2014-03-03).
- FÜRST, C. (2014): Vorlesungsreihe GEO 404. Einstieg in die Fachplanung. Vortrag, Friedrich-Schiller-Universität Jena (2014-03-03).
- 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.rpv-elbtalosterz.de/fileadmin/templates/PDF /Produkt_1.pdf> (Stand: 2011) (Zugriff: 2014-05-15).
- HOLZWEIßIG, M., & SARETZKI, A. (2011). Klimaprojektionen für die Modellregion Oberes Elbtal/Osterzgebirge. In: R. P. Elbtal/Osterzgebirge (Hrsg.): Das Projekt KLIMAFIT in der Planungsregion Oberes Elbtal/Osterzgebirge - Ausführliche

- empirische Berichte und Materialien. Radebeul, Dresden: Regionaler Planungsverband Oberes Elbtal/Osterzgebirge, 8-22.
- KAUFMANN, F.-X. (1987): Interdisziplinäre Wissenschaftspraxis. Erfahrungen und Kriterien. In: KOCKA, J. (Hrsg.): Interdisziplinarität. Praxis - Herausforderung - Ideologie. Frankfurt am Main: Suhrkamp. 63-81.
- KÖRNER C. (2001): Komplexität annehmen, nicht verdrängen. Zusammenfassung der naturwissenschaftlichen Ergebnisse des Projektes "ICAT-Birmensdorf". In: BRUNOLD C., BALSINGER P.W., BUCHER J.B., KÖRNER C.: Wald und CO₂. Ergebnisse eines ökologischen Modellversuchs. 199-219. Bern, Stuttgart, Wien: Paul Haupt.
- KOSCHKE, L., FÜRST, C., LORZ, C., FRANK, S., MAKESCHIN, F.(2010): Using a multi criteria approach to fit the evaluation basis of the modified 2-D cellular automaton Pimp your landscape. In: AZEVEDO: J. C., FELICIANO, M., CASTRO, J., PINTO, M.A. (Hrsg.): Proceedings IUFRO conference Forest Landscape and Global Change, New Frontiers in Management. Conservation and Restoration, 502 – 507.
- KRÖGER, M., J. RÜCKERT-JOHN & M. SCHÄFER (2012): Wissensintegration im nachhaltigen Landmanagement. Inter- und transdisziplinäre Problembeschreibung im Projektverbund ELaN. – <<http://d-nb.info/102837819X/34>>.
- LÄNDER, S. Ä. (2014). Interaktiver Regionalatlas. – <<https://www-genesis.destatis.de/gis/genView?GenMLURL=https://www-genesis.destatis.de/regatlas/ai007-1.xml&CONTEXT=REGATLAS01>> (Stand: n.a.) (Zugriff: 2014-05-12).
- MELLERT, K.H., GENSIOR, A., GÖTTLEIN, A., KÖLLING, C. (2007):Prädikatoren des Nitrataustrags aus Wäldern – Ergebnisse der bayrischen Nitratinventur im mitteleuropäischen Vergleich. Department für Ökologie, Fachgebiet Waldernährung und Wasserhaushalt TUM. Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft. Freising.
- MUCK, P., H. BORCHERT, W. ELLING, J. HAHN, T. IMMLER, M. KONNERT, H. WALENTOWSKI & A. WALTER (2012): Die Weißtanne – ein Hoffnungsträger für den Waldbau im Klimawandel. – <http://www.waldwissen.net/wald/baeume_waldpflanzen/nadel/lwf_weisstanne_baum_zukunft/index_DE > (Stand: 2012-10-23) (Zugriff: 2014-05-15).
- PIETZSCH, K. (2014): GISCAME. Biomass Module Manual. – <http://www.giscame.com/giscame/upload/eyescracker/BM_manual.pdf> (Stand: 2014-03-05) (Zugriff: 2014-05-12).

- ROHWEDDER, H. P. (2014): Regionalstrategie Daseinsvorsorge - ein Produkt des Modellvorhabens Aktionsprogramm regionale Daseinsvorsorge in der Planungsregion Oberes Elbtal/Osterzgebirge. Radebeul: Regionaler Planungsverband Oberes Elbtal/Osterzgebirge.
- Sächsisches Landesamt für Umwelt, L. u. (n.a.): Böden in Sachsen. – <http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/boden/11620.htm> (Stand: n.a.) (Zugriff: 2014-05-11).
- SIMON, W., HUWE, B., VAN DER PLOEG, R. R. (1988): Die Abschätzung von Nitratausträgen aus landwirtschaftlichen Nutzflächen mit Hilfe von Nmin-Daten. Stuttgart: Universität Hohenheim. Institut für Bodenkunde und Standortlehre.
- TLL (Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft) (2007):AINFO. Bedeckungs- und BBearbeitungsfaktor(C-Faktor). <http://www.tll.de/verstola/content/verstola/methodik/dabag/c-faktor.html> (Stand:2007) (Zugriff:2014-05-17).
- UFZ (Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH) (n.a.): Nachhaltiges Landmanagement. Modul B. Ziele. – <http://modul-b.nachhaltiges-landmanagement.de/de/modul-b-info/ziele/> (Stand: n.a.) (Zugriff: 2014-05-12).
- UFZ (Umweltforschungszentrum) Helmholtz (2011): Forschung für die Umwelt. Glossar. Biomasse. http://www.ufz.de/index.php?de=12245&www_gloss%5Bgloss_id%5D=19 (Stand:2011) (Zugriff:2014-05-17).

Selbstständigkeitserklärung

Hiermit versichern wir, Anna Homolka, Christian Perleberg und Tobias Herrmann, dass wir diese Arbeit selbstständig verfasst und keine anderen Hilfsmittel als die angegebenen benutzt haben. Wörtliche Zitate sowie sinngemäße Entlehnungen haben wir in jedem einzelnen Fall unter Angabe ihrer Quelle als solche gekennzeichnet.

Jena, den 23.05.2014