



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
WIEN  
Vienna University of Technology

Diplomarbeit

# Volkswirtschaftliche Analyse der Auswirkungen des Biomasseanbaus auf die natürliche Ressource Boden

Am Beispiel der Umsetzung der Zielsetzungen des  
„NÖ Energiefahrplans 2030“

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades  
einer Diplom-Ingenieurin unter der Leitung von:

Michael Getzner

E280-3 Fachbereich für Finanzwissenschaft und Infrastrukturpolitik

Department für Raumplanung

eingereicht an der

Technische Universität Wien

Fakultät für Architektur und Raumplanung

von

Grazia Bonvissuto 0725871

Haymerlegasse 9/6

1160 Wien

Wien, am 13.05.2013

## Abstract

Fossil resources for energy production are getting less and less and also the impact on nature due to their use is getting worse. To stop these developments the government of the province of Lower Austria (NÖ) published a document called “NÖ Energiefahrplan 2030” in 2010. This document contains several goals to reduce the energy consumption, to increase the energy efficiency and the use of renewable energy.

The realisation of all these goals should eventually lead to an already overdue energy revolution. The only problem is that this energy revolution does not only have a good side with positive impacts for the conservation of nature, but also negative effects regarding the energy production out of biomass. The reason is the immense use of land. Intensified by the increase of population, this leads to conflicts in land use between energy production, food production and nature protection. Accordingly the natural resource soil is under big pressure of use.

Because of the described problems and the fact that renewable energy has lately been greatly criticised, the aim of this work is to analyse the “NÖ Energiefahrplan 2030” regarding its economic viability and thereby especially its economic impacts because of the energetic use of biomass. The chosen analysis for this examination is the cost-benefit-analysis. Due to the conflicts in land use, the focus of the examination lies on the ecosystem soil, which is considered an environmental good with special characteristics and hence makes an analysis under economic aspects really hard.

The result shows that, focusing on the influence of cultivating the soil with biomass on the achievement of the ecosystem soil, the negative aspects exceed the positive ones. Therefore the realisation of the goals cannot be recommended. So the presumption that as a first step a social change with a reduction of energy use is necessary is approved. The second step then can contain an expansion of the cultivation of biomass and of renewable energy in general. Not till then can the benefit-cost-relation of biomass cultivation get positive.

## Zusammenfassung

Die fossilen Ressourcen für die Energiegewinnung werden immer knapper und auch die mit ihrer Nutzung verbundenen Auswirkungen auf unsere Umwelt steigen gravierend an. Um diesen Entwicklungen entgegenzuwirken, hat das Land Niederösterreich im Jahr 2010 den „NÖ Energiefahrplan 2030“ veröffentlicht. Es werden darin verschiedene Zielsetzungen zur Reduktion des Energieverbrauchs, zur Steigerung der Energieeffizienz und zum vermehrten Einsatz Erneuerbarer Energieträger festgelegt.

Die durch die Umsetzung dieser Ziele erhoffte ‚Energirevolution‘ hat jedoch vor allem im Bereich der geplanten Ausweitung des Biomasseanbaus zur energetischen Nutzung auch seine Tücken, der Anbau von Energiepflanzen ist mit einem hohen Flächenverbrauch verbunden. In weiterer Folge kommt es, verstärkt durch das stetig ansteigende Bevölkerungswachstum, zu Flächennutzungskonflikten mit der Nahrungsmittel- und Werkstoffproduktion sowie dem Naturschutz. Folglich besteht ein enormer Nutzungsdruck auf der natürlichen Ressource Boden.

Aufgrund der beschriebenen Problematik und der Tatsache, dass vor allem die Erneuerbaren Energieträger in letzter Zeit aus ökologischer Sicht unter großer Kritik standen, untersucht diese Arbeit den „NÖ Energiefahrplan 2030“ auf seine Volkswirtschaftlichkeit und dabei speziell auf seine volkswirtschaftlichen Auswirkungen durch den vermehrten Biomasseanbau zur energetischen Nutzung mithilfe einer Nutzen-Kosten-Analyse. Die Flächennutzungskonflikte machen dabei das Teilökosystem Boden, das als Umweltgut über besondere Charakteristika verfügt und somit nur schwer volkswirtschaftlich bewertbar ist, zu der wesentlichen Wirkungsgröße dieser Untersuchung.

Das Ergebnis zeigt, dass unter ausschließlicher Berücksichtigung des Einflusses des Biomasseanbaus auf die Leistungen des Umweltgutes Boden, die negativen Effekte die positiven übersteigen. Somit kann eine Umsetzung der geplanten Zielsetzung ohne zusätzliche Maßnahmen nicht empfohlen werden. Durch dieses Ergebnis wird die Annahme, dass es in einem ersten Schritt eines gesellschaftlichen Wandels und damit verbunden einer Abnahme des Energieverbrauchs bedarf, bestätigt. Erst in einem zweiten Schritt kann über den Ausbau der energetischen Nutzung von Biomasse beziehungsweise von Erneuerbaren Energieträgern im Allgemeinen nachgedacht werden und somit möglicherweise ein positives Nutzen-Kosten-Verhältnis des Biomasseanbaus erzielt werden.



## Inhaltsverzeichnis

<b>Abstract .....</b>	<b>2</b>
<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>3</b>
<b>Inhaltsverzeichnis.....</b>	<b>5</b>
<b>1 Einleitung .....</b>	<b>9</b>
1.1 <i>Ausgangslage und Problemstellung.....</i>	9
1.2 <i>Aufgabenstellung .....</i>	10
1.3 <i>Methodische Vorgehensweise.....</i>	11
<b>2 Boden als Träger von Biodiversität.....</b>	<b>13</b>
2.1 <i>Das Teilökosystem Boden und seine Leistungen .....</i>	13
2.2 <i>Zusammenspiel zwischen Ökosystemen, Biodiversität und der menschlichen Wohlfahrt .</i> .....	17
2.2.1 <i>Einfluss der Biodiversität auf die Bereitstellung von Ökosystemleistungen.....</i>	17
2.2.2 <i>Beziehungssystem zwischen Biodiversität, Ökosystemleistungen und der</i> <i>menschlichen Wohlfahrt.....</i>	18
2.3 <i>Instrumentarien zum Bodenschutz sowie zum Erhalt der Biodiversität.....</i>	22
2.3.1 <i>Bodenschutzstrategie und -richtlinie der EU .....</i>	22
2.3.2 <i>Bodenschutz in Österreich insbesondere im des Bundesland</i> <i>Niederösterreich .....</i>	24
2.3.3 <i>Die Biodiversitätskonvention und ihre Umsetzung in der EU bzw. in</i> <i>Österreich.....</i>	26
2.4 <i>Zusammenfassung und Schlussfolgerungen für die weitere Vorgehensweise.....</i>	30
<b>3 Biomasse als erneuerbarer Energieträger .....</b>	<b>31</b>
3.1 <i>Nutzungsmöglichkeiten, Flächenbedarf und Flächennutzungskonflikte.....</i>	31
3.2 <i>Ökologische und ökonomische Auswirkungen des Biomasseanbaus.....</i>	36
3.2.1 <i>Auswirkungen der Biomassenutzung auf den Naturhaushalt und das</i> <i>Landschaftsbild – Ökologische Analyse.....</i>	36
3.2.2 <i>Volkswirtschaftliche Effekte des Biomasseausbaus (Ökonomische Analyse)...</i>	45
3.2.3 <i>Überblick über die ökologischen und ökonomischen positiven und</i> <i>negativen Aspekte der verschiedenen Energiepflanzen und -hölzer.....</i>	47
3.3 <i>Bewertung von Biomasseenergieträger über Ökobilanzen und andere ökonomisch-</i> <i>ökologische Bewertungsinstrumente .....</i>	50
3.3.1 <i>Was sind Ökobilanzen? .....</i>	50
3.3.2 <i>Energiebilanzen als spezielle Form der Ökobilanzen .....</i>	52
3.3.3 <i>Umweltgesamtrechnung (UGR) .....</i>	54

3.3.4	Fazit über die Ökobilanzen und die UGR für die Bewertung von Biomasse und deren Einflüsse auf die Leistungen des Teilökosystem Bodens.....	56
3.4	<i>Zusammenfassung und Schlussfolgerung für die weitere Vorgehensweise.....</i>	57
<b>4</b>	<b>Volkswirtschaftliche Bewertungsmethoden zur Klärung der Flächennutzungskonflikte .....</b>	<b>58</b>
4.1	<i>Gesamtwirtschaftliche Wirkungsanalysen.....</i>	58
4.1.1	Kurzvorstellung und Vergleich ausgewählter Wirkungsanalysen .....	59
4.1.2	Auswahl der anzuwendenden Methode – Exkurs in die neoklassische Umweltökonomie.....	60
4.2	<i>Ökonomische Bewertung der Ökosystemleistungen des Bodens.....</i>	65
4.2.1	Boden als ökonomisches Gut .....	65
4.2.2	Das Konzept des „Total Economic Value“ .....	67
4.2.3	Bewertungsmethoden von Ökosystemleistungen .....	69
4.2.4	Der TEEB-Ansatz zur Bewertung von Ökosystemleistungen.....	75
4.3	<i>Zusammenfassung und Schlussfolgerung für die weitere Vorgehensweise.....</i>	77
<b>5</b>	<b>Nutzen-Kosten-Analyse der Umsetzung des „NÖ Energiefahrplans 2030“ im Bereich Biomasse .....</b>	<b>78</b>
5.1	<i>Aufbau einer Nutzen-Kosten-Analyse (NKA) .....</i>	78
5.2	<i>Ausgangslage und Zielsetzungen .....</i>	81
5.2.1	Aktuelle Situation der land- und forstwirtschaftlichen Bodennutzung in NÖ ..	81
5.2.2	Ökologisch wertvolle Flächen (Schutzgebiete) .....	82
5.2.3	Aktuelle Energieversorgung .....	83
5.2.4	Angestrebte Entwicklung der Biomassenutzung in Niederösterreich .....	84
5.3	<i>Szenarien der Ausweitung des Biomasseanbaus in NÖ.....</i>	86
5.4	<i>Allgemeine Annahmen zur Entwicklung.....</i>	88
5.4.1	Energiegewinnung mittels Biomasse .....	88
5.4.2	Auswahl der Biomassearten.....	89
5.4.3	Landnutzungseffekte.....	89
5.4.4	Veränderung der Bodennutzung.....	90
5.5	<i>Quantifizierung und Monetarisierung der Ökosystemleistungen .....</i>	93
5.5.1	Trinkwasserbereitstellung.....	94
5.5.2	Nahrungsmittel- und Werkstoffproduktion .....	96
5.5.3	Klimaregulierung (Kohlenstoffbindung).....	97
5.5.4	Wasserregulierung (Schutz vor Überflutungen) .....	97
5.5.5	Kulturlandschaft und Kulturerbe.....	98
5.5.6	Erholung und Tourismus .....	99
5.5.7	Bodenbildung .....	100
5.5.8	Erhaltung des Nährstoffkreislaufs .....	100

5.5.9	Aufsummierte volkswirtschaftliche Kosten und Nutzen.....	101
5.6	<i>Abdiskontierung zukünftiger Nutzen und Kosten und Ermittlung des Nettonutzens</i>	103
5.7	<i>Sensitivitätsanalyse</i> .....	105
5.8	<i>Zusammenfassung und Reflexion über die gewonnenen Erkenntnisse</i> .....	107
<b>6</b>	<b>Empfehlungen für die weitere Vorgehensweise und Schlussfolgerungen .....</b>	<b>109</b>
6.1	<i>Entwicklungsempfehlungen für den Umgang mit dem Umweltgut Boden</i> .....	109
6.2	<i>Empfehlungen für die Umsetzung des „NÖ Energiefahrplan 2030“</i> .....	111
6.2.1	Allgemeine Grundsätze .....	111
6.2.2	Anwendung einer Nutzen-Kosten-Analyse zur Bewertung des Erneuerbaren Energieträgers Biomasse.....	112
6.3	<i>Abschließende Schlussfolgerung</i> .....	114
<b>7</b>	<b>Quellenverzeichnis .....</b>	<b>116</b>
7.1	<i>Literaturverzeichnis</i> .....	116
7.2	<i>Internetquellen</i> .....	122
<b>8</b>	<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>125</b>
<b>9</b>	<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>126</b>



# 1 Einleitung

Zur Veranschaulichung der Hintergründe dieser Diplomarbeit wird in den nachfolgenden Unterkapiteln die Ausgangslage und die Problemstellung sowie die Aufgabenstellung und die Herangehensweise an das Thema näher erläutert.

Die Erarbeitung erfolgt dabei im Auftrag und in Zusammenarbeit mit der Energie- und Umweltagentur des Landes Niederösterreichs, welche im Rahmen ihres Zukunftslabors in der Frühjahrssitzung 2013 das Thema „Peak Soil“ zu seinem Schwerpunkt macht.

## 1.1 Ausgangslage und Problemstellung

Die fossilen Ressourcen für die Energiegewinnung werden immer knapper und auch die mit ihrer Nutzung verbundenen Auswirkungen auf unsere Umwelt steigen gravierend an. So kann mit Sicherheit gesagt werden, dass der immense Anstieg des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes seit Beginn des letzten Jahrhunderts für den Klimawandel mitverantwortlich ist. Alleine im Zeitraum von 1990 bis 2005 kam es in Österreich zu einer Zunahme der CO<sub>2</sub>-Emissionen um 18,1% (Bohunovsky et al., 2010, S. 5 nach Umweltbundesamt, 2007, o.S.). Damit in engem Zusammenhang steht auch der stetig steigende Energieverbrauch der Österreicher (Anstieg seit 1970 um mehr als 75 %) (Bohunovsky et al., 2010, S.5 nach Proidl, 2006, o.S.).

Bei den hier beschriebenen Trends handelt es sich um weltweite Entwicklungen der Energieversorgung und des -verbrauchs. Eine Fortsetzung dieser Verhaltensweisen wird von vielen allerdings als nicht zukunftsfähig, weder in ökologischer, wirtschaftlicher noch sozialer Hinsicht angesehen (Amt der NÖ Landesregierung, 2012, S. 3 nach IEA, 2008, o.S.). Auf Basis dieser Erkenntnis *„ist es keine Übertreibung zu behaupten, dass auch das zukünftige Wohlergehen der Menschheit davon abhängt, ob es uns gelingt, die zwei zentralen Energieherausforderungen zu bewältigen, vor denen wir heute stehen: Sicherung einer verlässlichen und erschwinglichen Energieversorgung und rasche Umstellung auf ein CO<sub>2</sub>-armes, leistungsfähiges und umwelt-schonendes Energiesystem. Dazu braucht es nichts Geringeres als eine Energierevolution.“* (Amt der NÖ Landesregierung, 2010a, S. 3 nach IEA, 2008, o.S.)

Zur Umsetzung der so dringend benötigten Energierevolution wurden von der EU und der österreichischen Bundesregierung energie- und klimapolitische Ziele festgelegt. Auch das Land Niederösterreich hat diesbezüglich Möglichkeiten einer umweltfreundlicheren Energienutzung aufgezeigt. Im Rahmen des „NÖ Energiefahrplan 2030“ ist es ein definiertes Ziel, die Position eines Vorzeigebereichs im Bereich Energie in der EU anzustreben. Ebenso wird Unabhängigkeit von Energieimporten und somit das Einsparen von Energie, die Erhöhung der Energieeffizienz und im weiteren Sinne der Ausbau der erneuerbaren Energieträger angestrebt (Amt der NÖ Landesregierung, 2010a, S.5).

Der Verwirklichung einer Energierevolution steht allerdings das Problem der Bodenknappheit gegenüber. Die Flächen sind bereits knapp und mit der Energierevolution und dem damit in Verbindung stehenden Umstieg auf Erneuerbare Energieträger würden noch mehr Flächen für die Versorgung der Menschheit in Anspruch genommen werden. Darüber hinaus kann laut UNO-Prognosen davon ausgegangen werden, dass die Weltbevölkerung bis ins Jahr 2050 auf 9 Mrd. ansteigen wird. Dies kann als Hauptursache für die bestehende Bodenknappheit bezeichnet werden, denn es muss gewährleistet sein, dass diese zusätzlichen 2 Mrd. Menschen in den nächsten knapp 40 Jahren auch ihre Grundbedürfnisse stillen können (Spiegel online, 2007, online). Es werden daher immer mehr Flächen einerseits für Wohnen, Wirtschaft und Infrastruktur und andererseits für die Herstellung von Nahrungsmitteln benötigt. Diese Ansprüche benötigen ein gutes Flächenmanagement, das zum Schutz der Umwelt das Nachhaltigkeitsprinzip verfolgt und einen sorgsam Umgang mit den vorhandenen Flächen gewährleistet.

Diese Entwicklungen sind Ausgangspunkt für die immer weiter steigende Bedeutung der natürlichen Ressource Boden. Dieser wird als ohnehin gegebenes, unendlich zur Verfügung stehendes Gut wahrgenommen, doch der Nutzen der mit ihm in Zusammenhang stehenden Biodiversität und damit auch die Leistungen der Natur (ökologische Leistungen) werden bei der Marktproduktion in den Preisen sowie auch in der VGR (Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung) nicht berücksichtigt. Es handelt sich beim Boden um ein nicht-vermehrbares Gut, weshalb die Notwendigkeit besteht, die Bedeutung des Bodens als Träger von Biodiversität und seine Leistungen im Allgemeinen zu verdeutlichen und im Zusammenhang mit der Energiewende in den Vordergrund zu stellen. Beim Versuch der Umstellung auf Erneuerbare Energieträger und vor allem beim Anbau von Biomasse sollte folglich immer berücksichtigt werden, dass zum Anbau nachwachsender Rohstoffe viele zusätzliche, d.h. derzeit anderweitig genutzte Flächen benötigt werden.

Aufgrund der Tatsache, dass sich der Anbau von Biomasse räumlich und ökologisch auf die insgesamt Flächeninanspruchnahme am stärksten auswirkt, werden die erneuerbaren Energieträger Wasser, Wind und Sonne in dieser Diplomarbeit nicht berücksichtigt. Der Aufbau eines Windparks erfordert zwar ebenfalls die Inanspruchnahme großer Flächen, allerdings werden nur geringe Teile davon direkt genutzt, während der Großteil seine ursprünglichen Nutzungen beibehalten kann und somit auch seine Ökosystemleistungen überwiegend erhalten bleiben.

## **1.2 Aufgabenstellung**

Im Rahmen dieser Diplomarbeit soll, wie dem Titel bereits zu entnehmen ist, die Frage geklärt werden, welche volkswirtschaftlichen Auswirkungen die Umsetzung des „NÖ Energiefahrplan 2030“ auf die Ressource Boden mit sich bringt. Unter dem Begriff der volkswirtschaftlichen Auswirkungen werden hierfür alle gesamtwirtschaftlichen Effekte, die sich direkt oder indirekt auf die Situation der Bevölkerung im Sinne der Veränderung des Nutzens der Produktionsmöglichkeit auswirkt, zusammengefasst (Kosten und Nutzeneffekte z.B. durch Verlust der

Vielfalt der Natur und infolgedessen Verlust von Freizeitmöglichkeit oder aber auch eine veränderte Arbeitsplatzsituation).

Im Vordergrund steht dabei die Veranschaulichung des Wertes des Teilökosystems Boden und somit die Verdeutlichung der Problematik der nicht endlos zur Verfügung stehenden natürlichen Ressource Boden und der wachsenden Ansprüche an diese. Angestrebt wird zusätzlich das Entwickeln von Empfehlungen anhand der Ergebnisse, welche die beschriebenen Auswirkungen verringern und eine Umsetzung des Energiefahrplanes unter Berücksichtigung der Aufrechterhaltung des Wertes der Ressource Boden ermöglichen sollen.

Durch die Arbeit sollen daher folgende Forschungsfragen beantwortet werden:

1. Welche volkswirtschaftlichen Auswirkungen bringt der Ausbau der Biomassenutzung zur Gewinnung Erneuerbarer Energie mit sich, wenn die Ökosystemleistungen des Bodens entlohnt/monetarisiert werden würden?
2. Wie können diese zusätzlichen Kosten vermieden und eine sozialverträgliche, ökonomisch und ökologisch akzeptable Energiegewinnung aus Biomasse gewährleistet werden?

### **1.3 Methodische Vorgehensweise**

Grundsätzlich wird die Diplomarbeit in einen theoretischen und einen praktischen Teil unterteilt. In einem ersten Schritt wird daher ein theoretischer Überblick über die Funktionen und Bedeutung des Teilökosystems Boden gegeben sowie seine Verbindung zum Erhalt der biologischen Vielfalt hergestellt.

Als zweite theoretische Basis dient die Auseinandersetzung mit den Grundlagen und den Rahmenbedingungen der Energiegewinnung mittels Biomasse. Dabei sollen vor allem die Stärken und Schwächen aufgezeigt werden und mit Hilfe einer ökologischen Analyse herausgearbeitet werden, welche Einflüsse der Anbau von Biomasse zur energetischen Nutzung auf die Funktionsfähigkeit des Bodens haben könnte.

Dritter und abschließender Teil der theoretischen Basis bildet die Vertiefung der Grundlagen über volkswirtschaftliche Bewertungsmethoden. Darauf aufbauend wird schließlich die Entscheidung über Durchführung einer Nutzen-Kosten-Analyse erklärt. Darüber hinaus gilt es den Bezug zum Teilökosystem Boden wiederherzustellen, indem seine Stellung am Markt analysiert wird und mögliche Bewertungsmethoden näher erläutert werden, mithilfe derer der Nutzen der Bodenleistungen für die Ökonomie dargestellt werden kann.

Im praktischen Teil wird der Aufbau einer Nutzen-Kosten-Analyse (NKA) dargestellt, die den Rahmen für die volkswirtschaftliche Bewertung der Umsetzung des „NÖ Energiefahrplans 2030“ im Bereich der Biomassenutzung zur Energiegewinnung bildet. Diese NKA wird um eine ökologische Sichtweise erweitert, in dem die Bodenleistungen der unterschiedlichen

Bodennutzungen (Land- und Forstwirtschaft, Energielandwirtschaft und Schutzgebiete) als volkswirtschaftliche Werte mit in die Analyse aufgenommen werden.

Am Ende steht ein Modell einer Nutzen-Kosten-Analyse, mithilfe dessen der derzeitige Wert über die ‚Erhaltungskosten‘ ermittelt werden kann. Auf direkte Kosten wie Projektkosten u.ä. wird in weiterer Folge allerdings aufgrund von Ungewissheit über deren tatsächliches Ausmaß keine Rücksicht genommen. Tatsächlich durchgeführt wird folglich nur der ökologisch erweiterte Teilbereich der Nutz-Kosten-Analyse.

Im Zusammenhang mit der Durchführung dieser Teil-Nutzen-Kosten-Analyse kommt es des Weiteren zur Bildung verschiedener Szenarien in Bezug auf das neue Ausmaß des Biomasseanbaus nach der Umsetzung des Energiefahrplans. Das heißt, dass die Anteile an intensivem und extensivem Biomasseanbau an der Bodenfläche sowie die ursprüngliche Bodennutzungen variiert werden können.

Abschließend ist zu erwähnen, dass diese Vorgehensweise lediglich die Auswirkungen des erneuerbaren Energieträgers Biomasse auf die Ökosystemleistungen des Bodens aufzeigt. Es findet kein grundsätzlicher Vergleich der Energiegewinnung mittels Erneuerbarer Energieträger mit der Energiegewinnung durch fossile Energieträger statt.

Abbildung 1: Methodischer Aufbau der Diplomarbeit



Quelle: Eigene Konzeption und Darstellung, 2012.

## 2 Boden als Träger von Biodiversität

In diesem Kapitel soll ein Einblick in das Teilökosystem Boden gegeben werden; das heißt, sein Aufbau, seine Funktionen und Leistungen sollen erläutert werden. Darüber hinaus wird der Einfluss der Biodiversität auf die Ökosystemleistungen des Bodens und in weiterer Folge auch ihr Einfluss auf das Wohlergehen der Menschheit dargestellt. Als Basis zur Erfüllung dieser Aufgaben dient die Studie „Millennium Ecosystem Assessment“ (MA), die sich mit den Auswirkungen der Ökosystemveränderungen auf das menschliche Wohlbefinden beschäftigt.

Am Ende des Kapitels folgt schließlich eine nähere Auseinandersetzung mit formellen und informellen Instrumentarien zum Bodenschutz und zum Erhalt der Biodiversität. Diese sollen abschließend noch einmal die Wichtigkeit der Bodenfunktionen für das Leben auf der Erde unterstreichen und geben damit bereits einen Hinweis auf die bestehenden Flächennutzungskonflikte.

### 2.1 Das Teilökosystem Boden und seine Leistungen

Definitionsgemäß handelt es sich bei einem Ökosystem um *„ein System, das die Gesamtheit der Lebewesen (Biozönosen) und ihre unbelebte Umwelt (zum Beispiel der geologische Untergrund), den Lebensraum (Biotop) in ihren Wechselbeziehungen umfasst. ... Kurz gefasst ist ein Ökosystem ein Wirkungsgefüge von Lebensgemeinschaft (Biozönose) und Lebensraum (Biotop).“* (Biologische Vielfalt, 2008, online)

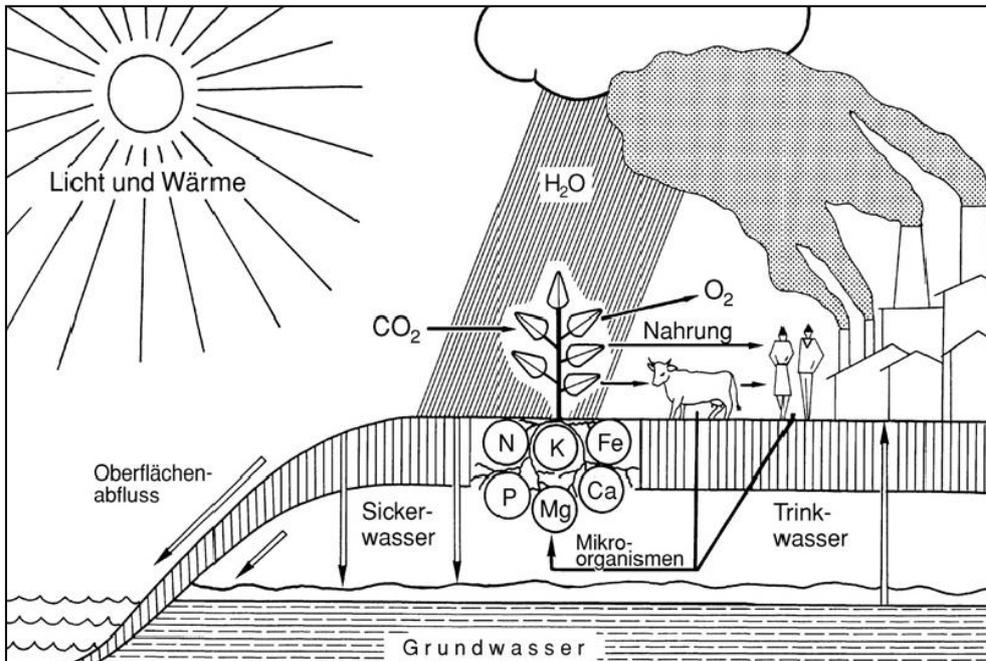
Böden sind Naturkörper, die in den vielfältigsten Formen auf der Erde vorzufinden sind. Ihr Entstehungsprozess unterliegt der Art des Ausgangsgesteins, des Reliefs sowie dem vorherrschenden Klima. Das Klima beeinflusst die bodenbildenden Prozesse wiederum durch die mit ihm in Zusammenhang stehende Vegetation und die klimatisch typischen Lebensgemeinschaften (Biozönosen). Folglich ist die *„Entstehung von Böden an die Entwicklung des Lebens auf der Erde gebunden.“* (Scheffer et al., 2010, S. 1)

Dementsprechend bilden Böden eine Lebensgrundlage für Lebensgemeinschaften aus Pflanzen, Tieren und Mikroorganismen (=Biozönose). Sie stellen dabei allerdings nur einen Teil des Ökosystems dar. Zur Vervollständigung des Lebensraums (=Biotop) benötigt es eines Zusammenspiels mit der bodennahen Luftschicht. Mit den vorhandenen Wechselbeziehungen zwischen Biozönose und Biotop werden deshalb alle Funktionen eines Ökosystems erfüllt (Scheffer et al., 2010, S. 3f).

Innerhalb der Ökosysteme werden durch die Wechselbeziehungen zwischen Lebensraum und den Lebensgemeinschaften ‚Leistungen‘ erbracht, die zur Produktion von ‚Gütern‘ führen. Diese Leistungen und Güter bringen auch für die Menschen einen erheblichen Nutzen mit sich (siehe Abbildung 2). So ermöglichen uns die Böden den Anbau von Nahrungs- und Futtermitteln sowie die Produktion von Energieträgern und Werkstoffen. Weiters sind ihre

Leistungen beispielsweise dafür verantwortlich, dass uns sauberes Wasser zur Verfügung steht, die Luft gereinigt wird, ein natürliches Recycling von Abfall möglich ist und vieles mehr. Darüber hinaus bringen Ökosysteme regulierende Mechanismen mit sich, die im Fall, dass die Natur auf sich selbst gestellt wäre, ein Gleichgewicht der klimatischen Bedingungen, der Population von Tieren, Insekten und anderer Organismen sicherstellen würde (ecologic, 2012, online; Europäische Kommission, 2009, S. 2). Nicht zuletzt trägt der Boden die menschlichen Infrastrukturen und die für die Wirtschaft notwendigen Räume.

Abbildung 2: Stellung und Funktion von Böden in der Ökosphäre<sup>1</sup>



Quelle: Scheffer et al., 2010, S. 3.

Das „Millennium Ecosystem Assessment“ hat verschiedene Funktionsgruppen von Ökosystemen definiert, denen die Leistungen und Güter von Ökosystemen zugeteilt werden können. Die Ökosystemleistungen werden dabei als direkte und indirekte Beiträge des Ökosystems auf das menschliche Wohl (Wohlfahrt) definiert (De Groot et al., 2010, S. 19). Die vier Kategorien, zu welchen die bereits im vorherigen Absatz beispielhaft genannten Leistungen und Güter des Teilökosystems Boden ebenfalls zugeteilt werden können, lauten wie folgt (MA, 2005a, S. 40; Europäische Kommission, 2009, S. 2):

- *Provisioning Service*: Zusammenfassung aller von den Ökosystemen für das menschliche Überleben bzw. Wohlergehen bereitgestellten Leistungen. Dazu zählen zum Beispiel Nahrungsmittel, Wasser und Holz.
- *Regulating Service*: Unter dieser Kategorie wird die Fähigkeit von Ökosystemen/ Teilökosystemen zusammengefasst, alle grundlegenden ökologischen Prozesse, die zur

<sup>1</sup>„Ökosphäre umfasst den Bereich an der Erdoberfläche, der von Lebewesen besiedelt ist und durch vielfältige miteinander verknüpfte Kreisläufe von Energie, Luft und Wasser sowie anorganischen und organischen Stoffen gekennzeichnet wird.“ (Scheffer & Schachtschabel, 2010, S. 4)

Erhaltung der Lebensgrundlage aller Lebewesen dienen, zu regulieren (z.B. saubere Luft und Erde, sowie sauberes Wasser).

- *Cultural Service*: Diese verstehen sich als Beiträge von Ökosystemen zur Befriedigung intellektueller und emotionaler menschlicher Bedürfnisse. Der Nutzen beschränkt sich folglich auf das seelische Wohlbefinden der Menschen. Durch ihre Informationsfunktionen dienen sie als eine wichtige Grundlage für spirituelle, künstlerische und wissenschaftliche Aktivitäten. Darunter fallen auch die Erholungs- und Freizeitfunktionen sowie die Wertschätzung für die Existenz von Arten und Ökosystemen.
- *Supporting Service*: Sie bilden die Basis aller anderen Ökosystemfunktionen. Der Unterschied zu den anderen Funktionen liegt allerdings darin, dass sie sich großteils indirekt und erst über einen längeren Zeitraum auf die Menschen auswirken. Als Beispiel können die Bodenbildung, die Photosynthese aber auch die Erhaltung des Nährstoff- und Wasserkreislaufes genannt werden.

Die bereits geschilderte Einteilung der Ökosystemleistungen baut auf den von De Groot im Jahr 2002 festgelegten Funktionsgruppen auf, die sich, wie nachfolgend aufgezeigt wird, nur unwesentlich von jenen der „Millenium Ecosystem Assessment“ unterscheiden. Auch wenn die Ähnlichkeit sehr groß ist, kann der Wegfall der „Lebensraumfunktion“ doch als merklicher Unterschied bezeichnet werden. Ökosystemfunktionen nach De Groot, 2002, S. 395, sind:

- *Regulierungsfunktion*: Diese Funktion wurde ‚eins zu eins‘ von der MA übernommen (siehe Regulating Service).
- *Lebensraumfunktion*: Natürliche Ökosysteme bieten Rückzugs- und Reproduktionshabitate für Pflanzen und Tiere und sorgen dabei für die Erhaltung der genetischen und biologischen Diversität sowie des evolutionären Prozesses.
- *Produktionsfunktion*: Photosynthese und Nährstoffaufnahme bilden im weitesten Sinn die Grundlage für die Produktion einer Vielfalt an lebender Biomasse. Diese Produktion bildet wiederum die Basis für die Bereitstellung von für die Menschheit bedeutenden Ökosystemgütern, wie Nahrung und Rohmaterialien sowie Ressourcen zur Energieproduktion.
- *Informationsfunktion*: Die natürlichen Ökosysteme bilden eine Referenzmöglichkeit zu früheren menschlichen Entwicklungen und tragen darüber hinaus zur Erhaltung der menschlichen Gesundheit bei, indem beispielsweise für Erholung, Reflexion, spirituelle Bereicherung und kognitive Entwicklungen Platz geboten wird.

Die vier Funktionen von Ökosystemleistungen sind in beiden Definitionen nicht eindeutig voneinander zu trennen, sondern können sich in vielen Fällen sogar überschneiden. Da die Einteilung der Ökosystemleistungen und -güter in einzelne Funktionsgruppen aber in weiterer Folge für die ökonomische Bewertung (siehe theoretische Grundlagen dazu in Kapitel 4.2.3) eine bedeutende Rolle spielt, muss besondere Rücksicht auf diese Tatsache genommen werden, um eine Doppelzählung zu vermeiden.

Derzeit werden die meisten (sowohl mengen- als auch wertmäßig) Ökosystemleistungen als gegeben angenommen und unentgeltlich konsumiert und tragen somit zum menschlichen Wohlergehen bei (Getzner, 2011, S. 14). Für die Bereitstellung von Ökosystemleistungen muss gewährleistet sein, dass die Funktion der Böden erhalten bleibt. Ein besonderer Indikator für die Funktionsfähigkeit von Böden ist das Vorhandensein und der Erhalt der Biodiversität. Auf die genaueren Wechselbeziehungen zwischen dem Teilökosystem Boden und Biodiversität und ihre Bedeutung für das menschliche Wohlergehen wird im nachfolgenden Kapitel eingegangen.

## 2.2 Zusammenspiel zwischen Ökosystemen, Biodiversität und der menschlichen Wohlfahrt

Im Rahmen des „Millennium Ecosystem Assessment“ wurde der Schwerpunkt auf die Ermittlung der Einflüsse veränderter Ökosysteme und damit Änderungen in deren Leistungen auf die Biodiversität sowie dem Wohlergehen der Menschheit gelegt. Das Ergebnis zeigt enge Wechselbeziehungen zwischen den drei Faktoren, die nachstehend noch genauer beschrieben werden.

### 2.2.1 Einfluss der Biodiversität auf die Bereitstellung von Ökosystemleistungen

Das Wort Biodiversität setzt sich aus dem griechischen Wort „Bios“, was dem deutschen Begriff Leben entspricht, und dem lateinischen Wort „Diversitas“, das in der deutschen Sprache Vielfalt bedeutet, zusammen. Somit umfasst der Begriff Biodiversität die Vielfalt des Lebens. Darunter fallen neben der Artenvielfalt auch die Vielfalt an Ökosystemen sowie die Vielfalt an Genen (Biologische Vielfalt, 2011, online nach CBD, 1992, Art. 2). Oftmals wird auch der Ausdruck ‚Biologische Vielfalt‘ verwendet.

Aus der Definition des Begriffes lässt sich bereits ableiten, dass die Biodiversität in enger Beziehung zu Ökosystemen steht. Sie sind durch sogenannte Wechselwirkungen untrennbar miteinander verbunden. Denn einerseits bilden die Ökosysteme die Grundlage für das Vorkommen biologischer Vielfalt und andererseits ermöglicht die Biodiversität die Produktion von Ökosystemdienstleistungen (Ökosystem Erde, 2012, online). Aufgrund der bestehenden gegenseitigen Beeinflussung ist es daher notwendig, die biologische Vielfalt zu erhalten, um die Vielfalt der Ökosysteme bewahren zu können. Folglich sind es nicht nur die Leistungen der Ökosysteme, sondern auch die Biodiversität, die die Lebensgrundlage für unsere Gesellschaft bilden (Hansjürgens et al., 2012, S. 3).

Laut Weigel et al. (2007) ist die Frage, welche Wichtigkeit die Vielfalt der Organismen für die Funktion von Ökosystemen hat, d.h. wie sich Biodiversität und die Ökosystemfunktionen gegenseitig beeinflussen, noch nicht eindeutig geklärt. Um aufzuzeigen, dass Artenreichtum nicht ausschließlich positive Effekte für das Ökosystem mit sich bringt und dass artenarme Systeme nicht unbedingt schlecht sein müssen, listen die Autoren folgende Hypothesen auf (Weigel et al., 2007, S. 43):

- *Redundanz-Hypothese:* Mehrere unterschiedliche Arten können die gleichen Aufgaben in einem Ökosystem erfüllen. Für die Gewährleistung der Funktionsfähigkeit wird daher nur ein bestimmtes Ausmaß an Biodiversität benötigt. Alle zusätzlich vorhandenen Arten sind in ihrer Funktion redundant und damit entbehrlich.
- *Nietenhypothese:* Durch den Verlust einer Art werden die Funktionen des Ökosystems beeinflusst. Sinkt die Anzahl der Arten dabei unter den Grenzwert der benötigten Biodiversität, ist das gesamte System gefährdet.

- *Stabilitäts-Diversitäts-Hypothese*: Ausgangspunkt ist die Annahme einer linearen Beziehung zwischen Ökosystemfunktionen und Artenvielfalt. Bei einer Abnahme der Artenvielfalt verringern sich auch die Funktionen und die Produktivität des Ökosystems.
- *Idiosynkratische Hypothese*: Die genauen Ausprägungen der Wechselbeziehungen zwischen Biodiversität und Ökosystemfunktion können nicht vorhergesagt werden. Die Reaktion des Systems auf den Wegfall einer Art ist folglich unklar.

Die beschriebenen Hypothesen entstammen Experimenten, Beobachtungen und Modellen, die im Zusammenhang mit ausgewählten Ökosystemen durchgeführt worden sind. Es stellt sich daher die Frage der allgemeinen Gültigkeit dieser Hypothesen. Aus rein ökologischer Sicht lassen sich jedoch folgende Erkenntnisse festhalten und zwar, dass (Weigel et al., 2007, S. 44):

- *„... eine Reihe von Ökosystemprozessen zweifellos durch die Artenanzahl beeinflusst werden,*
- *... sich die am häufigsten auftretenden Arten einer Lebensgemeinschaft am stärksten auf bestimmte Ökosystemprozesse (z.B. Produktivität) auswirken und dass damit auch deren Verlust am stärksten auf die Prozesse einwirkt,*
- *... bestimmte funktionelle Eigenschaften von Arten sich stärker auf Ökosystemfunktionen auswirken als andere; der Verlust dieser Arten hat daher ebenfalls große Auswirkungen für die Ökosystemfunktion,*
- *... durch bestimmte Arten, die selbst kaum Einfluss auf Ökosystemfunktionen haben, indirekte Effekte bewirkt werden, sofern sie das Vorkommen anderer Arten beeinflussen.“*

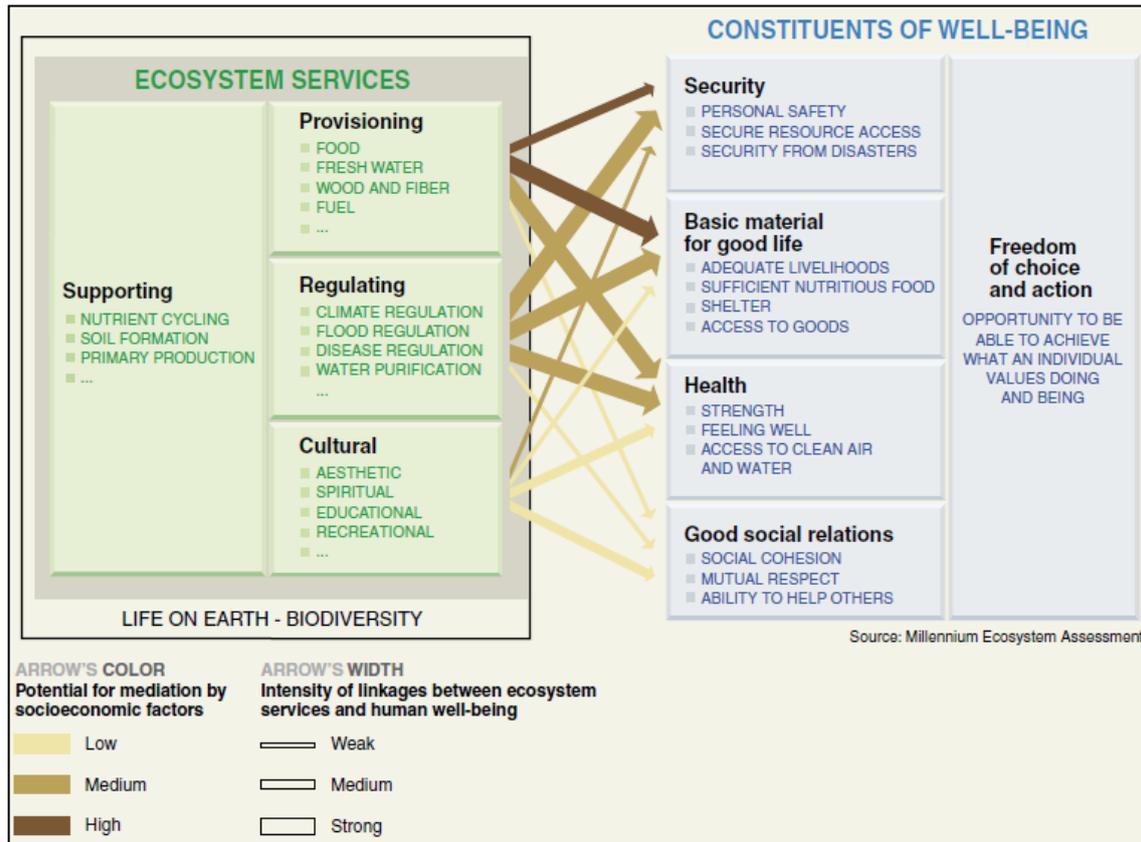
Es kann somit zusammenfassend festgestellt werden, dass bei Veränderungen der Biodiversität oder der Ökosystemleistungen in jedem Fall mit Auswirkungen zu rechnen ist, diese können sich allerdings in ihrer Intensität unterscheiden. Mit Sicherheit kann jedoch davon ausgegangen werden, dass – zumindest aus anthropozentrischer Sicht – die biologische Vielfalt für die menschliche Existenz eine Lebensgrundlage bildet und als erhaltenswürdig gilt. Die Entwicklungen des letzten Jahrhunderts (Demographischer Wandel, Sozialer Wandel, Strukturwandel, etc.) haben hingegen zu einem Rückgang der Biodiversität geführt. Um diesem Prozess entgegenzuwirken wurde im Jahr 1992 die Biodiversitätskonvention ausgearbeitet, auf welche im Kapitel 2.3.3 noch genauer eingegangen wird.

## **2.2.2 Beziehungssystem zwischen Biodiversität, Ökosystemleistungen und der menschlichen Wohlfahrt**

Grundlegend kann davon ausgegangen werden, dass das menschliche Wohlergehen direkt vom Zustand der Ökosysteme der Erde abhängig ist. Denn diese erbringen lebensnotwendige Leistungen, wie beispielsweise die Bereitstellung von Nahrungsmitteln und Wasser sowie die Klimaregulierung und das Angebot an Freizeitmöglichkeiten (MA, 2005a, S. 49). Dies gilt wie bereits erwähnt auch für das Teilökosystem Boden.

Zur Untersuchung des genauen Zusammenhangs zwischen den Ökosystemfunktionen und dem menschlichen Wohlergehen wird dieses als Verbindung folgender fünf Elemente definiert: Grundlegende materielle Bedürfnisse für ein gutes Leben, Gesundheit, stabiles soziales Beziehungsgefüge, Sicherheit sowie die Wahl- und Handlungsfreiheit (MA, 2005a, S. 50). Diese Bestandteile des Wohlergehens sind wiederum in gewisse Faktoren unterteilt, deren Ausprägung ausschlaggebend für die positive oder negative Beurteilung der menschlichen Wohlfahrt ist.

Abbildung 3: Beziehungen zwischen Ökosystemleistungen und dem menschlichen Wohlergehen



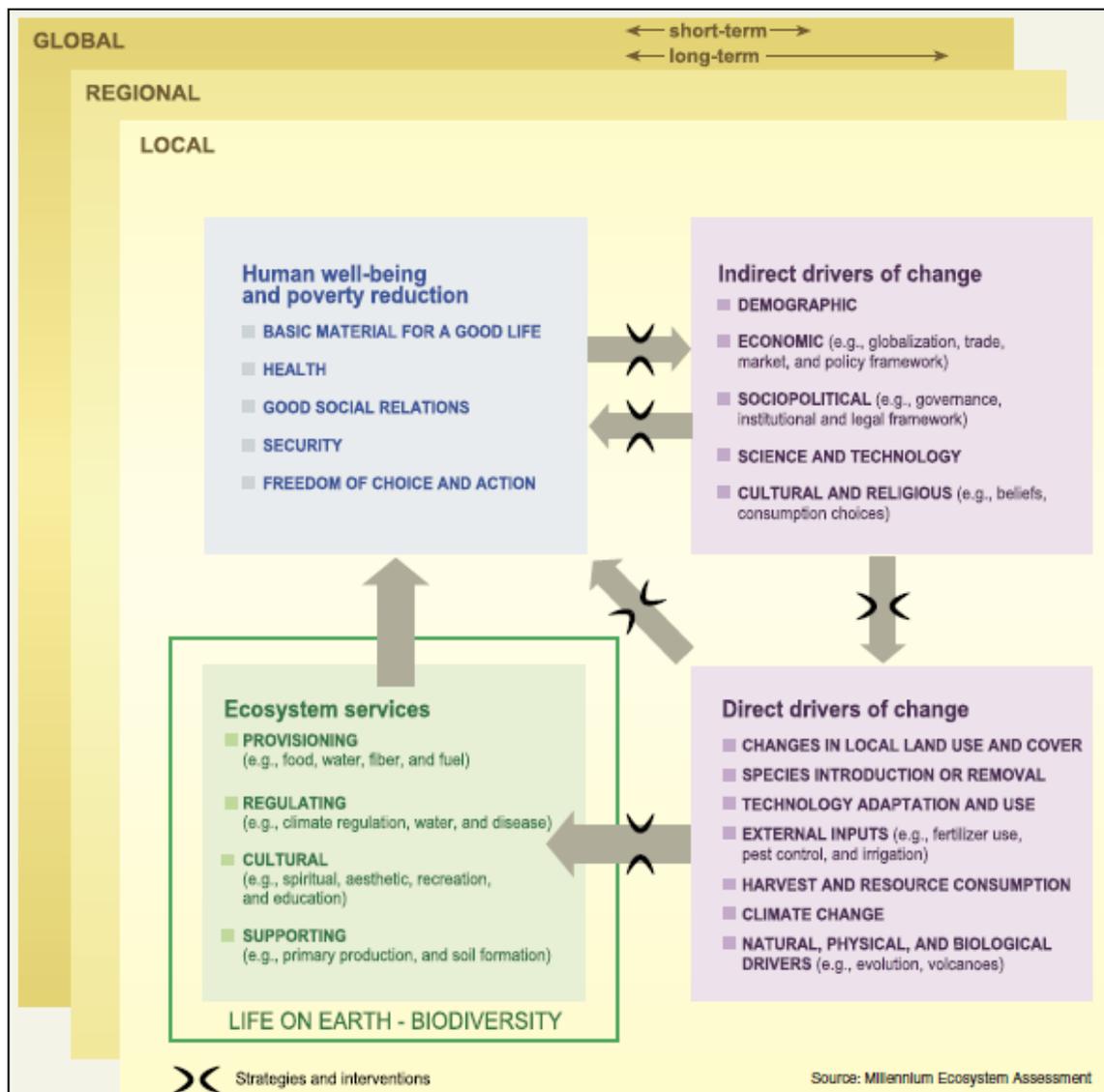
Quelle: MA, 2005a, S. 50.

Grundannahme ist das Vorhandensein von Biodiversität zur Erbringung von Ökosystemleistungen, die ihrerseits in Beziehung zu den Faktoren des menschlichen Wohlergehens stehen (siehe Abbildung 3). Durch eine veränderte Biodiversität beziehungsweise durch den Wegfall oder Zunahme an Ökosystemleistungen verändert sich somit auch die menschliche Wohlfahrt. Eine Änderung des menschlichen Wohlbefindens führt schließlich über direkte oder indirekte Wege wiederum zu Veränderungen der Zusammensetzung der Biodiversität und in weiterer Folge zu Auswirkungen auf die Bereitstellung von Ökosystemleistungen (siehe Abbildung 4).

Hierbei kommen sogenannte indirekte und direkte Faktoren zum Zug, wobei Veränderungen der Biodiversität hauptsächlich durch direkte Einflüsse bewirkt werden. Dennoch muss berücksichtigt werden, dass die direkten Änderungsfaktoren ursprünglich von indirekten

Faktoren beeinflusst werden. Die indirekten Einflüsse von Neuerungen in Ökosystemen können grob in folgende Kategorien unterteilt werden: Änderung der ökonomischen Aktivitäten, demographischer Wandel, soziopolitische sowie kulturelle und religiöse Faktoren und wissenschaftliche und technologische Umstrukturierungen (MA, 2005b, S. 49).

**Abbildung 4: Einfluss der Änderungsfaktoren auf die Wechselbeziehungen zwischen Ökosystemleistungen, Biodiversität und dem menschlichen Wohlergehen**



Quelle: MA, 2005, S. VII.

In Verknüpfung mit dem Teilökosystem Boden kann angenommen werden, dass vor allem die demographischen Entwicklungen des letzten Jahrhunderts immense Auswirkungen auf dessen Funktionsfähigkeit mit sich gebracht haben. Denn diese bewirken eine zweifach bedingte Zunahme der Flächeninanspruchnahme (Wohnraumbedarf und Nahrungsmittelproduktion). Unzweifelhaft haben auch religiöse und kulturelle Faktoren mittels Verhaltens- und Konsumregeln sowie der wissenschaftliche und technologische Fortschritt einen Einfluss auf die Flächennutzung. Besonderheit der wissenschaftlichen und technologischen Neuerungen ist,

dass sie nicht nur mit ressourcensparenden Effekten verbunden sein können, sondern auch einen Anstieg des Ressourcenverbrauchs verursachen können (MA, 2005b, S. 49).

Direkte Einflussfaktoren von Veränderungen sind in ihrer Bedeutung und Umfang vom jeweiligen System abhängig. Die wohl bedeutendsten Einflüsse auf die Ökosysteme und die Biodiversität hatten die veränderten Lebensraumansprüche und die Landnutzung, die, wie bereits geschildert, stark von indirekten Faktoren beeinflusst wurden. Dabei spielten für bodennahe Ökosysteme, folglich auch für das Teilökosystem Boden, vor allem die durch eine veränderte Landnutzung bedingten Änderungen in der Bodenbedeckung eine besondere Rolle. Weitere direkte Einflussfaktoren sind der Klimawandel, Ressourcenübernutzung, invasive Arten und Verschmutzung (MA, 2005b, 49f).

Die Einflussfaktoren lassen sich allerdings nicht nur in direkt oder indirekt, sondern auch hinsichtlich ihrer räumlichen und zeitlichen Ausprägungen unterscheiden. So kann beispielsweise der Klimawandel als globale Einflussgröße gesehen werden, während politische Veränderungen sich meist nur auf das Territorium eines Staates auswirken. Unterschiedliche zeitliche Dimensionen sind hingegen bei der Gegenüberstellung des soziokulturellen Wandels, welcher sich meist über mehrere Jahrzehnte erstreckt, und dem ökonomischen Wandel, der grundsätzlich schneller vonstattengeht, gut ersichtlich (MA, 2005b, S. 58).

## 2.3 Instrumentarien zum Bodenschutz sowie zum Erhalt der Biodiversität

Nach diesem Einblick in die Bedeutung des Teilökosystems Bodens und seine Leistungen für das menschliche Wohlergehen richtet sich nun das Augenmerk dieses Kapitels auf internationale und nationale Strategien zum Bodenschutz und zum Erhalt der Biodiversität. Diese sind deshalb von Bedeutung, weil sie die derzeitige Wahrnehmung des Bodens und seiner Leistungen vor allem aus politischer Sicht widerspiegeln. Darüber hinaus können sie durch Handlungsvorgaben oder -beschränkungen die negativen externen Effekte bei der Nutzung der Ressource Boden verringern und auf diese Weise den Wert der Natur erhalten. Die Instrumentarien können sich dabei zum einen hinsichtlich ihrer Umsetzungspflicht (formell oder informell) unterscheiden und zum anderen Differenzen im Bezug auf ihren Geltungsbereich (d.h. international, national oder regional) aufweisen.

### 2.3.1 Bodenschutzstrategie und -richtlinie der EU

Als Träger von bedeutenden sozioökonomischen und ökologischen Funktionen ist der Boden als unbedingt schutzwürdig anzusehen. Bereits 1972 wurde dem Boden im Rahmen der Bodencharta des Europarates ein hoher Stellenwert zugemessen. Im sechsten Umweltaktionsprogramm der Europäischen Union, dessen Durchführung im Jahr 2002 beschlossen wurde, findet der Boden als letztes Umweltmedium nach Wasser und Luft erstmals Berücksichtigung auf europäischer Ebene. Gefordert wurde die Entwicklung einer Strategie zum Bodenschutz. Im September 2006 verabschiedete die Europäische Kommission schließlich ein Bodenschutzpaket samt Ordnungsrahmenrichtlinie (Europäische Kommission, 2006a, S. 2; WKO, 2009, online).

Während des Entwicklungsprozesses der Strategie und der dazugehörigen Richtlinie wurde der Schwerpunkt darauf gelegt, die umweltpolitischen Maßnahmen in anderen Bereichen, die in enger Verbindung mit dem Umweltmedium Boden stehen, wie zum Beispiel Abfall, Wasser, Luft, Klimaveränderung, Chemikalien, Hochwasserschutz, biologische Vielfalt und Umweltaftung, mit Blick auf den Bodenschutz zu forcieren (Europäische Kommission, 2006a, S. 4).

Als Hilfestellung wurde ein Begleitdokument der Strategie zur Folgenabschätzung erstellt, welches sich mit den Gefahren für die Bodenqualität und den Kosten der Verschlechterung auseinandersetzt. Folgende Gefahrenstellen wurden dabei definiert (Europäische Kommission, 2006b, S. 2ff; Europäische Kommission, 2012, S. 8-12):

- *Erosion*: Hier gilt es zwischen Wasser- und Winderosion zu unterscheiden, wobei in Europa mehr Flächen von Wassererosion (ca. 115 Mio. ha) als von Winderosion (ca. 42 Mio. ha) betroffen sind.
- *Verluste organischer Substanzen*: Eine der wohl bedeutendsten Aufgaben des Bodens ist die Speicherung von Treibhausgasen. Der Boden ist aber auch Emittent im Rahmen

des Kohlenstoffzyklus. Um diesen Kreislauf aufrecht zu erhalten, benötigt es einen gewissen Anteil an organischen Substanzen im Boden.

- *Verdichtung*: Das Problem der Verdichtung entsteht hauptsächlich durch das Befahren mit schwerem Gefährt. Besonders gefährdet sind in diesem Zusammenhang Böden mit einem zu hohen Wassergehalt.
- *Versalzung*: Durch die ständige Bewässerung von Ackerflächen und sonstigen Nutzflächen kommt es zur Anreicherung des Bodens mit Mineralstoffen und Salzen, die eine Versalzung des Bodens hervorrufen. Das Ergebnis ist eine verminderte Ertragsfähigkeit des Bodens. Verstärkt wird das Problem durch die zunehmende Wasserknappheit und die daraus resultierende Nutzung von qualitativ minderwertigem Wasser.
- *Erdrutsche*: Die Gefahr von Erdrutschen ist vor allem in hügeligen Gebieten sehr hoch. Ausschlaggebender Faktor für die Entstehung von Erdrutschen ist neben der Beschaffenheit des Unterbodens und der Niederschlagsmenge die vorangehende Nutzung.
- *Bodenverunreinigung*: Durch die Industrialisierung und die damit in Verbindung stehenden Produktionsprozesse kommt es zur Verwendung oder Entstehung gefährlicher Stoffe, die teilweise in die Böden eindringen. Somit werden Bodenorganismen und in weiterer Folge Ökosystemleistungen zerstört.
- *Versiegelung*: Durch die wachsende Wohnbevölkerung steigt nicht nur der Bedarf an Wohnfläche und Verkehrsinfrastruktur sondern auch an Landwirtschaftsfläche zur Nahrungsmittelproduktion. Versiegelt ist eine Fläche dann, wenn sie mit einer wasserundurchlässigen Schicht bedeckt ist. Im Durchschnitt sind in den Mitgliedsstaaten der EU 9% der Gesamtfläche versiegelt. Österreichweit werden täglich 20 Hektar Boden verbraucht und circa die Hälfte davon durch Siedlungs- und Verkehrsentwicklungen versiegelt. Mit der Versiegelung in enger Verbindung steht der Verlust des landwirtschaftlichen Produktionspotentials. Das bedeutet, es stehen immer weniger Flächen für die Landwirtschaft zur Verfügung. Diese müssen allerdings die Ertragsverluste der nicht mehr für die Landwirtschaft zugänglichen Flächen kompensieren sowie den steigenden Verbrauch abdecken. Sie stehen folglich unter einem enormen ‚Leistungsdruck‘.
- *Rückgang der biologischen Vielfalt*: Die biologische Vielfalt in den Böden ist ein wichtiger Bestandteil für die Funktionsfähigkeit des Teilökosystems. Die Biodiversität wird durch die genannten negativen Faktoren eingeschränkt.

Um diesen Gefahren und anderen negativen Entwicklungen entgegenzuwirken, legt die Bodenschutzstrategie ein Gesamtziel zur nachhaltigen Nutzung des Bodens fest. Dieses Ziel beinhaltet im Wesentlichen die Erhaltung der Bodenfunktion, die Vermeidung einer Verschlechterung der Bodenqualität und die Sanierung geschädigter Böden (Europäische Kommission, 2006a, S. 5f; WKO, 2009, online).

Obwohl das Europäische Parlament und der Ausschuss der Regionen bereits im Jahr 2007 der Strategie zugestimmt haben, wurde diese bisher vom Europäischen Rat noch nicht abgesegnet. Daraus folgt, dass die Bodenschutzrahmenrichtlinie bis heute nicht in Kraft getreten ist und auch noch keine Bestimmungen zur Umsetzung in das nationale Recht der Mitgliedsstaaten vorliegen. Letzte Entwicklung in diesem Zusammenhang ist die Überarbeitung der Bodenschutzstrategie durch die Europäische Kommission (Europäische Kommission, 2012, online).

### **2.3.2 Bodenschutz in Österreich insbesondere im Bundesland Niederösterreich**

In Österreich wird der Boden als ‚Umwelt(schutz)gut‘ behandelt und fällt somit in den Bereich des Umweltschutzes, welcher im Bundesverfassungsgesetz über den umfassenden Umweltschutz verankert ist. Die Kompetenz liegt allerdings bei den Bundesländern. Selbiges gilt für die Raumordnung, die mit dem Raumordnungsgesetz Hinweise auf den Umgang mit dem Boden gibt. In Niederösterreich werden zusätzlich neben den folgenden rechtlichen Bestimmungen zahlreiche Bestrebungen im Bereich des Bodenschutzes verfolgt, welche hier genauer beschrieben werden sollen.

#### ***Bodenschutzgesetz Niederösterreich***

Bereits im Jahr 1988 erließ das Land Niederösterreich zum ersten Mal ein Bodenschutzgesetz; die letzte Novellierung erfolgte im Jahr 2005. Ähnlich der europäischen Bodenschutzstrategie verfolgt das NÖ Bodenschutzgesetz das Ziel der Erhaltung und Verbesserung der nachhaltigen Bodenfruchtbarkeit und der Bodengesundheit. Deshalb sollen Maßnahmen zum Schutz vor Schadstoffbelastungen, Bodenerosion und Bodenverdichtung sowie zur Erhaltung eines standorttypischen Bodenzustandes angestrebt werden (§1 NÖ Bodenschutzgesetz 2005). Die nachhaltige Bodennutzung wird hierbei als gegeben definiert, wenn *„die Ertragsfähigkeit des jeweiligen Standortes nicht beeinträchtigt und die Entwicklung und Güte des Pflanzenbestandes auch langfristig gewährleistet wird.“* (§3 Abs. 3 NÖ Bodenschutzgesetz 2005)

Das Hauptanliegen des NÖ Bodenschutzgesetzes ist allerdings die Regelung des Umgangs, also die Nutzung und Entsorgung besonderer, in der Landwirtschaft anfallender Abfallprodukte (z.B. Abwässer- und Rückstände aus der Wein- und Obstbereitung, Senkgrubeninhalte, Gärrückstände, etc.), und auch sonstiger Materialien oder Kompost. Darunter fällt beispielsweise die Klärschlammverordnung, welche die Nutzungsmöglichkeiten von Klärschlamm aufzeigt und einschränkt (§7-13 NÖ Bodenschutzgesetz 2005).

Im Rahmen des Bodenschutzgesetzes liegt die Aufgabe der Landesregierung in der Erarbeitung der Grundlagenforschung über den Boden. Dabei soll der Bodenzustand ermittelt und in Hinblick auf seine Bodenfruchtbarkeit sowie seine nachhaltige Nutzung untersucht werden. Von besonderem Interesse sind die Art und das Ausmaß der Schadstoffbelastung und des Schadstoffeintrages sowie der Bodenverdichtung und der Bodenerosion (§4 Abs. 1 NÖ Bodenschutzgesetz 2005).

Während der Biodiversität im NÖ Bodenschutzgesetz 2005 keine Aufmerksamkeit geschenkt wird, gewinnt der Schutz von Ökosystemen und Arten vielmehr im Zusammenhang mit den Instrumentarien des Naturschutzes an Bedeutung.

### ***Raumordnungsgesetz Niederösterreich***

Das im Jahr 2011 novellierte Raumordnungsgesetz Niederösterreichs bezieht sich bereits im §1 Absatz 1 bei der Festlegung der Begriffe und Leitziele auf das Umweltgut Boden. Im Rahmen der Begriffsdefinition der Raumordnung wird darauf hingewiesen, einer Verschmutzung der Luft, des Wassers und des Bodens entgegenzuwirken. Darüber hinaus wird im §1 Absatz 2 auf die Bedeutung der land- und forstwirtschaftlich genutzten Böden und ihre besondere Stellung durch die Erfüllung der Grundbedürfnisse (Nahrungsmittelproduktion und Biomasseerzeugung) aufmerksam gemacht (§1 Abs. 1,2 NÖ Raumordnungsgesetz 2011). Weiters ist für die Raumordnung die Bodennutzung im Zusammenhang mit der Durchführung einer Strategischen Umweltprüfung von Relevanz (§4 Abs. 2 NÖ Raumordnungsgesetz 2011).

In Verbindung mit der Erstellung eines Flächenwidmungsplanes findet der Boden erneut Eingang in das Raumordnungsgesetz. Es wird dabei deutlich gemacht, dass *„die Inanspruchnahme des Bodens für bauliche Nutzungen aller Art [...] auf ein unbedingt erforderliches Ausmaß zu begrenzen ist.“* (§14 Abs. 2 NÖ Raumordnungsgesetz 2011)

Abschließend kann festgestellt werden, dass neben den im Bodenschutzgesetz 2005 auf die Vermeidung bestimmter Bodengefahren hin ausgerichteten Handlungsvorgaben auch im Raumordnungsgesetz 2011 bestimmte allgemeine Hinweise zur vorsichtigen Bodennutzung festgelegt sind.

### ***Boden- und Biodiversitätsschutz durch Naturschutz in Niederösterreich***

Laut österreichischer Verfassung ist der Naturschutz in Gesetzgebung und Vollziehung Landessache. Durch den Beitritt Österreichs zur Europäischen Union genießen allerdings die europäischen Verordnungen und Richtlinien Anwendungsvorrang vor den niederösterreichischen Landesgesetzen. Während die Verordnungen unmittelbar in allen Mitgliedsstaaten gelten, sind Richtlinien in innerstaatliche Gesetze umzusetzen. Ein Beispiel dafür ist die Festlegung spezieller europäischer Schutzgebiete, der Natura 2000 Gebiete, die sich in Fauna-Flora-Habitat- und Vogelschutzgebiete untergliedern.

In Niederösterreich gibt es neben dem Naturschutzgesetz auch ein Naturpark- sowie ein Höhlenschutzgesetz. In vorliegendem Zusammenhang sind jedoch lediglich das Naturschutz- und Naturparkgesetz von Bedeutung. Auf Basis dieser Gesetze wurde vom Land Niederösterreich eine Naturschutzcharta und ein Naturschutzkonzept entwickelt, welche Leitlinien und Handlungsansätze herausarbeiten und festlegen (Amt der NÖ Landesregierung, 2012b, online).

Des Weiteren finden sich im NÖ Naturschutzgesetz 2000 Bestimmungen für die Festlegung von Schutzgebieten. Diese sind im weiteren Verlauf dieser Arbeit, im Bereich der Analyse, welche

im Kapitel 5 folgt, von besonderer Bedeutung, da sie aufgrund ihrer ökologischen Bedeutung gesondert auf ihre Tauglichkeit für den Anbau von Biomasse untersucht werden muss (Abschnitt III, Besondere Schutzbestimmungen, NÖ Naturschutzgesetz 2000):

- Landschaftsschutzgebiet,
- Europaschutzgebiet,
- Naturschutzgebiet,
- Naturdenkmal,
- Naturpark und
- Nationalpark.

Die Schutzgebiete unterscheiden sich einerseits in ihrem Schutzgut und ihrem Ausmaß (Größe des Gebiets) sowie andererseits in der rechtlichen Verbindlichkeit der Umsetzung und den rechtlichen Handlungseinschränkungen.

#### ***Unser Boden – Bodenbündnis Niederösterreich***

Beim Bodenbündnis handelt es sich um eine internationale Organisation mit dem Ziel, ein Netzwerk aus Gemeinden und Städten zu bilden, die sich über ihre Erfahrungen und ihr Wissen im Bereich des Bodenschutzes ständig austauschen und partnerschaftlich zusammenarbeiten. Die internationale Bezeichnung des Bodenbündnisses lautet „European Land and Soil Alliance“ (ELSA) (Unser Boden, 2012, online).

Neben den gesetzlich verankerten Schutzmaßnahmen zum sorgfältigen Umgang mit dem nicht vermehrbaren Gut Boden ist Niederösterreich bereits seit dem Jahr 2003 Mitglied des Bodenbündnisses. Hintergrund des Beitritts war das Ziel, die Bevölkerung Niederösterreichs auch auf unverbindlicher Ebene zu einem nachhaltigen Umgang mit dem Boden anzuregen. Der Start wurde durch die Kampagne „Unser Boden – wir stehen drauf!“ im Jahr 2007 eingeläutet (Unser Boden, 2012, online).

#### **2.3.3 Die Biodiversitätskonvention und ihre Umsetzung in der EU bzw. in Österreich**

Viel bekannter und viel umfassender als der Bodenschutz ist der Schutz der biologischen Vielfalt. Seine Anfänge fand er unter anderem in der UN-Konferenz über Umwelt und Entwicklung (UNCED) im Jahr 1992 in Rio de Janeiro. Dort wurde das Übereinkommen über die biologische Vielfalt (Biodiversitätskonvention) zur Signatur aufgelegt und trat bereits 1993 in Kraft. Die Konvention wurde sowohl von der Europäischen Kommission als auch von allen EU-Mitgliedsstaaten unterzeichnet und umgesetzt. Mit dem Beitritt Österreichs zur Europäischen Union wurde auch Österreich Vertragspartei und setzte seine Verpflichtungen im Jahr 1998 mit einer nationalen Strategie um (Biologische Vielfalt, 2009, online; Umweltbundesamt, 2012, online).

### ***Inhalt und Umsetzung der Biodiversitätskonvention***

Bei der Biodiversitätskonvention handelt es sich um „*das erste völkerrechtlich verbindliche, internationale Abkommen, das den Schutz der Biodiversität global und umfassend behandelt.*“ (Biologische Vielfalt, 2009, online) Das besondere Augenmerk dieses Übereinkommens liegt dabei auf der Berücksichtigung aller Artengruppen und auf dem Verzicht der Einschränkung auf eine bestimmte geographische Region. Es geht somit über alle bereits bestehenden internationalen Übereinkommen zum Artenschutz hinaus, indem es die biologische Vielfalt in ihrer Gesamtheit betrachtet und erstmals gleichzeitig eine nachhaltige Entwicklung forciert (Biologische Vielfalt, 2009, online; Naturschutz, 2011, online)

Die drei grundlegenden Ziele der Konventionen lauten wie folgt (Naturschutz, 2011, online):

- *„genereller Schutz der biologischen Vielfalt,*
- *Nachhaltige Nutzung ihrer Bestandteile und*
- *die ausgewogene und gerechte Aufteilung, der sich aus der Nutzung von genetischen Ressourcen ergebenden Vorteile.“*

Bei der Umsetzung des Übereinkommens über die biologische Vielfalt wird der ökosystemare Ansatz verfolgt. Es handelt sich dabei um einen integrativen Ansatz, der den Menschen als Teil der Ökosysteme sieht und versucht, ein ausgewogenes Gleichgewicht zwischen Schutz und Nutzung biologischer Vielfalt herzustellen. Weiterer bedeutender Bestandteil des ökosystemaren Ansatzes ist die Einbeziehung der gesamten betroffenen Bevölkerung und der Interessensgruppen in die Entscheidungsfindung über das Ausmaß des Schutzes und der Nutzung der biologischen Vielfalt (Biologische Vielfalt, 2009, online).

Auf nationaler Ebene sollen durch die Vertragsstaaten gesamtheitliche Strategien ausgearbeitet werden, mit welchen die „*biologische Vielfalt sowohl „in situ“ (vor Ort in Schutzgebieten) als auch "ex situ" (in speziellen Einrichtungen, wie Tiergärten, Gen- und Samenbanken)*“ geschützt wird (Naturschutz, 2011, online). Diese Einteilung ist dann problematisch, wenn Schutzgebiete sogenannte ‚Inseln der Nachhaltigkeit‘ in einem ‚Meer der Nachhaltigkeit‘ sind. Es werden der Natur Grenzen (Abgrenzung der Schutzgebiete) auferlegt, die sie in Wirklichkeit gar nicht hat.

Aufgrund der Tatsache, dass nicht nur die Europäische Union, sondern auch die einzelnen Mitgliedsstaaten Vertragspartner sind, muss es sowohl zur Ausarbeitung einer europäischen Biodiversitätsstrategie, als auch zu davon abgeleiteten nationalen Strategien kommen.

### ***Europäische Biodiversitätsstrategie 2020***

Nachdem das Ziel und die Maßnahmen zur Verringerung des Biodiversitätsverlustes des letzten Jahrzehnts zu weit gefasst waren und kaum Wirkung gezeigt hatten, soll nun die neue Europäische Biodiversitätsstrategie 2020 aus dem Jahr 2011 ein neue Grundlage für die Biodiversitätspolitik der Europäischen Union bilden (Europäische Kommission, 2012, online).

Erstmals findet auch die Bewertung der Natur in einem internationalen Dokument ihren Platz. Besondere Bedeutung misst man der Biodiversitätsstrategie darin bei, dass sie weitreichende Einflüsse auch in anderen strategischen Zielen der EU mit sich bringt (Europäische Kommission, 2011, S. 3). Als Grundlage wird dafür allerdings eine bestimmte Kenntnis über den Biodiversitätszustand des jeweiligen Gebietes benötigt, weshalb eine beziehungsweise mehrere Informationsplattformen geschaffen werden sollen. Diese Plattformen sollen das Ergebnis der Überwachungs-, Berichterstattungs- und Überprüfungspflichten darstellen und dem Daten- und Informationsaustausch dienen (Europäische Kommission, 2011, S. 4).

Insgesamt reduziert die Europäische Union ihre Zielsetzung auf sechs wesentliche Einzelziele (Europäische Kommission, 2011, S. 5-8):

- Erhaltung und Wiederherstellung der Natur (vollständige Umsetzung der Vogelschutz- und Habitat-Richtlinie),
- Erhaltung und Verbesserung der Ökosysteme und ihrer Dienstleistungen (Einbeziehung grüner Infrastruktur in die Raumplanung),
- Sicherstellung einer nachhaltigen Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Fischerei (Verknüpfung zwischen den verschiedenen Politikzweigen und gemeinsamen Zielsetzungen),
- Bekämpfung invasiver gebietsfremder Arten (einheitliche und umfassende EU-Regelung zum Umgang mit nicht-heimischen und gebietsfremden Arten),
- Bewältigung der globalen Biodiversitätskrise (Maßnahmen zur Verringerung der durch die EU verursachten Biodiversitätsverluste und Ökologisierung der Wirtschaft),
- Beiträge anderer Umweltmaßnahmen und Umweltinitiativen (Umsetzung des existierenden europäischen Umweltrechtes und Entwicklung von Maßnahmen auf nationaler, regionaler und lokaler Ebene).

Zu einer erfolgreichen Umsetzung der Ziele werden von der Europäischen Union einerseits Kooperationen verschiedenster Interessensträger und Spezialisten sowie andererseits eine enge Zusammenarbeit auf nationaler und subnationaler Ebene gefordert (Europäische Kommission, 2011, S. 9ff).

### ***Österreichische Biodiversitätsstrategie***

Als Vertragspartner des Übereinkommens über die biologische Vielfalt ist auch Österreich verpflichtet, eine Biodiversitätsstrategie zu erarbeiten. Österreich kam seiner Aufgabe bereits im Jahr 1998 das erste Mal nach, wobei es im Jahr 2005 nach einem zweiphasigen Evaluierungsprozess zur Veröffentlichung einer überarbeiteten Version der Strategie kam. Derzeit wird wiederum, aufbauend auf der neuen Europäischen Biodiversitätsstrategie, an einer Neufassung der Österreichischen Biodiversitätsstrategie gearbeitet, da das Hauptziel, den Biodiversitätsverlust in Österreich bis zum Jahr 2010 zu stoppen, nicht erreicht werden konnte (Biologische Vielfalt, 2012, online; BMLFUW, 2005, S. 12).

Grundsätzlich zielt die Österreichische Biodiversitätsstrategie darauf ab, die biologische Vielfalt zu erhalten und eine nachhaltige Nutzung der biologischen Vielfalt zu etablieren, indem der Bereich der Bewusstseinsbildung über die Bedeutung der Leistung der Natur für die menschliche Lebensgrundlage ausgebaut wird. Die Wirksamkeit solcher Aktivitäten ist allerdings schwer abzuschätzen und somit liegt die Bedeutung der Österreichischen Biodiversitätsstrategie wohl eher in der Erfassung sowie der Ermittlung der Veränderung der biologischen Vielfalt unterschiedlichster Ökosysteme beziehungsweise Teilökosysteme (Biologische Vielfalt, 2012, online).

Ebenfalls ein wichtiger Bestandteil der österreichischen Strategie ist die koordinierte Vorgehensweise beim Natur- und Artenschutz. Dazu benötigt es einer durchdachten Raumplanung, die in enger Verbindung mit wissenschaftlichen und technologischen Innovationen steht (Biologische Vielfalt, 2012, online).

### **Biologische Vielfalt 2010+**

Das Projekt „Biologische Vielfalt 2010+“ entstand im März 2009 aus einer Kooperation zwischen dem Umweltdachverband und der Naturschutzabteilung des Landes Niederösterreich. Ziel war es, die Bewusstseinsbildung für die Bedeutung der Biodiversität voranzutreiben und somit die Akzeptanz für den Biodiversitätsschutz zu steigern. Besonderes Anliegen des Projektes ist *„das Ziel, Biodiversität zu erhalten und die Bereitstellung von Ökosystemleistungen nachhaltig zu sichern“*; deshalb müssen diese Aspekte *„als Querschnittsmaterie auch Eingang in andere Politikbereiche wie Raumplanung, Verkehrs- und Infrastrukturpolitik, Wasserwirtschaft sowie Land- und Forstwirtschaft finden, um erfolgreich zu sein.“* (Biologische Vielfalt 2010+, 2011, online)

Die Arbeiten und Ergebnisse des Projekts können in weiterer Folge als Grundlage für die neue österreichische Biodiversitätsstrategie angesehen werden.

## **2.4 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen für die weitere Vorgehensweise**

Das Teilökosystem Boden bildet mit seinen Leistungen und Funktionen die Grundlage unseres Lebens. Im Laufe des letzten Jahrhunderts wurde jedoch verlernt, diese Leistungen Wert zu schätzen. Die Menschheit hat den Boden dadurch im wahrsten Sinne des Wortes ausgenutzt. Erst mit Ende des 20. Jahrhunderts traten erste Bestrebungen auf, der Gesellschaft den Wert des Bodens und der darauf wachsenden Natur wieder ins Bewusstsein zu rufen. Mittlerweile gibt es bereits eine Vielzahl sowohl formeller, als auch informeller Instrumentarien, die sich mit der Bedeutung des Bodens für die Menschheit und mit der mit ihr in enger Verbindung stehenden Biodiversität beschäftigen und Handlungsvorgaben zum Schutz und Erhalt ihrer Leistungen aussprechen.

Das wohl bedeutendste politische Instrumentarium ist die Biodiversitätskonvention, die unter dem Begriff der Nachhaltigkeit seit 1992 einen schonenderen Umgang mit den natürlichen Ressourcen der Erde fordert. Damit eng verbunden ist ein Umstieg der Energieproduktion weg von fossilen Energieträgern, die mit starken negativen Umweltwirkungen verbunden sind und somit nicht als nachhaltig bezeichnet werden können, hin zu erneuerbaren Energieträgern. Warum die Verwendung erneuerbarer Energieträger allerdings ebenfalls nicht immer nachhaltig ist und welche Rolle dabei das Teilökosystem Boden spielt, ist Inhalt des nachfolgenden Kapitels.

### 3 Biomasse als erneuerbarer Energieträger

Anschließend an die Beschreibung der Ausgangsgröße ‚Boden‘, müssen auch die Einflussgrößen ‚Biomasse‘ und die Zusammenhänge der beiden Faktoren miteinander genauer untersucht werden. Für einen ersten Überblick wird daher auf die Nutzungsmöglichkeiten und den Flächenbedarf des Biomasseanbaus eingegangen sowie eine ökologische Analyse durchgeführt. Darüber hinaus wird kurz ein Einblick in die ökonomische Analyse zum Biomasseanbau gegeben. Zudem kommt es zur Erläuterung von Bewertungsmethoden, die es ermöglichen das Potential der Biomassenutzung für die Volkswirtschaft abzuschätzen.

#### 3.1 Nutzungsmöglichkeiten, Flächenbedarf und Flächennutzungskonflikte

Unter dem Begriff der Biomasse kann man im Allgemeinen *„Pflanzen und Pflanzenbestandteile, wie beispielsweise Baum- und Strauchkulturen, Ackerfrüchte, verschiedene Grasarten und bisherige Futterpflanzen sowie Öl-, Stärke- und Faserpflanzen, aber auch Abfälle und Nebenprodukte pflanzlicher und tierischer Herkunft, wie Altholz, Schnittgut aus der Landschaftspflege oder Gülle“* zusammenfassen, welche sowohl energetisch, als auch stofflich genutzt werden können (DRL, 2006, S. 7). In weiterer Folge wird mit dem Begriff Biomasse nur jener Teil der Biomasse zusammengefasst, der sich spürbar flächenmäßig auswirkt; dazu zählen nicht Abfälle und Nebenprodukte. Gülle hat aufgrund seiner engen Verbindung mit der Futtermittelproduktion ebenfalls einen hohen Flächenbedarf, dabei kommt es allerdings zu keiner veränderten Bodennutzung und auch zu keinem zusätzlichen Flächenverbrauch, weshalb sie in weiterer Folge für diese Arbeit keine Rolle spielt.

Es handelt sich bei Biomasse um einen vielseitigen Energieträger, der sowohl zur Wärmeerzeugung, als auch als Treibstoff oder zur Stromproduktion herangezogen und dafür in festem, flüssigem oder gasförmigem Zustand genutzt werden kann (siehe Tabelle 1). Ferner ist Biomasse nicht von einem bestimmten Anlagentyp abhängig. Eine Verwertung ist daher nicht nur in Kleinstanlagen oder Heizkraftwerken denkbar, sondern auch bei der Mitverbrennung in großen Anlagen (DRL, 2006, S. 7, 81). Zu einem weiteren Vorteil der Biomasse zählen die gute Lagerfähigkeit und die daraus resultierende räumliche und zeitliche Flexibilität. Trotz der zahlreichen Vorzüge kann die Annahme wissenschaftlich nicht unterstützt werden, dass die energetische Nutzung von Biomasse die fossilen Rohstoffe ersetzen und die Treibhausgaseffekte eigenständig eindämmen wird (Faulstich et al., 2008, S. 172) und zwar aus Gründen der vorhandenen konkurrierenden Nutzungen und der noch bestehenden hohen Importe von Biomasse zur Energieerzeugung.

Im Bereich der Wärmeerzeugung hat Biomasse in Form der natürlichen Ressource Holz einen traditionellen Hintergrund. Der Bereich der energetischen Nutzung von Biomasse spielte bis jetzt nur eine untergeordnete Rolle, hat aber in den letzten Jahren durch die gekoppelte

Strom- und Wärmeerzeugung und der Beimischung von Biotreibstoffen zu Benzin und Diesel an Bedeutung gewonnen (Amt der NÖ Landesregierung, 2010a, S. 20; e-control, 2009, online). Infolgedessen kommt es zu einem steigenden Bedarf an zusätzlicher Fermentationsbiomasse (Fermentation = alkoholische Gärung), der einen vermehrten Anbau von Energiepflanzen und ein Anstieg in der Verwertung von Grünschnitt mit sich bringt (DRL, 2006, S. 58).

**Tabelle 1: Übersicht über eine Auswahl an Biomasseenergieträger, ihr Zustand nach der Verarbeitung und ihr Anwendungsbereich**

	Ausgangsmaterial	Zustand nach der Verarbeitung	Anwendungsbereich
<b>fest</b>	Holz Stroh Getreide	Scheitholz Holz-, Stroh- und Getreidepellets Hackschnitzel Waldhackgut Industrierestholz	Strom- und Wärmeerzeugung (Kraft- Wärme-Kopplung)
<b>flüssig</b>	Raps Sonnenblume Getreide Mais Zuckerrüben Holz	Biodiesel Pflanzenöl Bioethanol Biomasse to Liquide (BtL)	Strom- und Treibstoffherzeugung
<b>gasförmig</b>	Mais Gras Getreide Biomüll aus den privaten Haushalten, der Industrie und der Landschaftspflege Holz	Biogas Holzgas Biowasserstoff	Strom- und Treibstoffherzeugung

Quelle: Eigene Darstellung, 2013; Österreichischer Biomasse-Verband, 2013, online.

Zur Energiegewinnung mittels Biomasse sind große Flächen notwendig, da die angebauten Energiepflanzen meist nur über eine sehr geringe räumliche Energiedichte verfügen (DRL, 2006, S. 58). Gehen wir von der zurzeit effizientesten, aber ökologisch fraglichsten Energiepflanze, dem Silomais aus, dann ist mit einer Ausbeute von circa 50.000 kWh/ha/Jahr zu rechnen. Im Durchschnitt aller erneuerbarer Energiepflanzen können etwa 33.000 kWh pro Hektar und Jahr bereitgestellt werden. Bezieht man die Nutzungsmöglichkeiten nun auf die Gewinnung von 1 GWh an Endenergie, sind eindeutige Unterschiede zwischen den einzelnen erneuerbaren Energieträgern erkennbar. Während bei Windkraftanlagen 5,7 ha und bei Photovoltaik-Anlagen sogar 4,4 ha Fläche ausreichend wäre, würden für den Betrieb einer Biogasanlage zur Produktion der genannten Menge Strom bereits 102 ha benötigt (Bosch et al., 2011, S. 116). Bei diesen Berechnungen wird jedoch davon ausgegangen, dass neue Flächen genutzt werden beziehungsweise eine Flächennutzung stattfindet und dies folglich auch zu großen Veränderungen hinsichtlich des Flächenverbrauchs führt. Allerdings sind auch Möglichkeiten der Biomassenutzung bekannt, die in dem Sinne keine zusätzlichen Flächen in

Anspruch nehmen, da sie Abfallprodukte (z.B. Schnittgut aus der Landschaftspflege) zur Energiegewinnung nutzen. Der Output an gewonnener Energie pro Hektar ist zwar eher gering, dennoch kann diese Form der Energiegewinnung sowohl aus ökonomischer, als auch ökologischer Sicht als sinnvoll erachtet werden.

**Tabelle 2: Ertrag in Tonnen pro Hektar und Jahr und Energieertrag**

		Ertrag pro Hektar (t/ha/a)	Energieertrag (GWh/ha/a)	Biogas-ertrag (m <sup>3</sup> /ha/a)	Kraftstoff-ertrag (l/ha/a)	Endprodukt/ Nutzungsart	CO <sub>2</sub> -Äquivalent <sup>1</sup> (kg/ha/a)	Heizöl-äquivalent <sup>2</sup> (l/ha/a)
Energiepflanzen	Mais	12	0,059	2.100	5.130	Biogas	5.800	1.260
	Raps	3	0,020	-	1.450	Biodiesel	3.000	-
	Stroh	5	0,028	-	-	thermische Nutzung	1.300	-
	Weizen	5	0,026	-	2.500	Bioethanol	2.100	-
	Zuckerrüben	60	0,066	7.800	4.080	Biogas	9.400	4.680
	Wildpflanzen	8	0,035	2.000	-	Biogas	5.000	1.200
Energiehölzer	Pappeln	16	0,070	-	-	thermische Nutzung (Pellets)	2.000	7.000
	Weide	14	0,053	-	-	thermische Nutzung (Pellets)	1.500	5.300
	Nieder- und Mittelwald (Waldhackgut)	4	0,022	-	-	thermische Nutzung	5.000	2.200
Energiegräser	Miscanthus	15	0,003	-	-	thermische Nutzung (Pellets)	2.000	6.000
	extensives Grünland	3	0,003	1.680	-	Biogas	-	-
	intensives Grünland (Grassilage)	9	0,008	5.040	-	Biogas	-	3.000

<sup>1</sup> Alle Treibhausgasemissionen werden entsprechend ihrer Klimawirksamkeit in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten angegeben. Das CO<sub>2</sub>-Äquivalent gibt in diesem Fall folglich die freigesetzte Menge an Treibstoffgasen durch die energetische Nutzung von Biomasse an.

<sup>2</sup> Vergleichbare Menge an Heizöl, die durch die Energieproduktion mittels Biomasse gegenüber der Energieproduktion mit fossilen Ressourcen eingespart wird.

Es konnte aufgrund fehlender Datengrundlagen nicht für jede Biomasse der Biogas- und der Kraftstoff-ertrag ermittelt werden. Gleiches gilt für das CO<sub>2</sub>- und das Heizöl-Äquivalent.

Quelle: Eigene Darstellung, 2013; KTBL, 2013, online; eta Energieberatung, 2013, online.

Um die Unterschiede im Flächenbedarf der einzelnen Biomassearten zu verdeutlichen, werden in der vorstehenden Tabelle 2 eine ausgewählte Anzahl von Biomassepflanzen hinsichtlich ihres Ertrags pro Hektar sowie hinsichtlich der umgewandelte Energie-, Biogas- oder Kraftstoff-erträge miteinander verglichen. Es wird dabei gleichzeitig auch schon in Energiepflanzen, -hölzer und -gräser unterschieden. Diese Einteilung hilft später bei der Auswahl der Fläche, die für den Biomasseanbau herangezogen werden soll. Die angegebenen Werte wurden zeitweise

auf die Fragestellungen und den Untersuchungsraum dieser Arbeit angepasst, um sie in die Analyse leichter miteinbeziehen zu können.

Aufgrund der aufgezeigten Unterschiede der Erträge pro Hektar und der damit gewonnenen Energie, hat man schließlich im Laufe der Zeit erkannt, dass es nicht nur die ‚gute‘ erneuerbare Energie gibt, sondern ähnlich wie bei den ‚schlechten‘ fossilen und nuklearen Energiegewinnungsmöglichkeiten zeitweise ebenfalls mit zusätzlichen Kosten gerechnet werden muss. Zu diesen Kosten zählen neben den ökonomischen Investitionen zur Bereitstellung der Anlagen die „*Opportunitätskosten<sup>2</sup> bei der Landnutzung einschließlich des Naturschutzes*“ (DRL, 2006, S. 36).

Die große Herausforderung beim Ausbau der energetischen Nutzung von Biomasse liegt folglich in der optimalen Nutzung der knappen Flächenressourcen. Dabei gilt es sich allerdings nicht nur zwischen den einzelnen Biomasseanbauarten zur energetischen Nutzung zu entscheiden, sondern auch eine optimale Verteilung zwischen der energetischen und der stofflichen Nutzung von Biomasse (z.B. als Holzwerkstoff für die Spanplatten oder Papierindustrie) zu finden. Zukunftserwartungen verschiedenster Branchen treffen auf einer begrenzten Anbaufläche aufeinander. Derzeit steht dabei neben der Lebensmittelproduktion die Gewinnung von Wärme, Strom und Kraftstoff im Vordergrund, um die energiepolitischen Ziele auf nationaler und internationaler Ebene erfüllen zu können und dadurch dem Klimawandel entgegenzuwirken und den Naturschutz auszubauen (Faulstich et al., 2008, S. 172).

Im Rahmen dieser Flächennutzungskonflikte stellt sich des Weiteren die Frage, ob durch den Verlust fruchtbarer Böden in anderen Weltregionen nicht gerade die Anbauflächen West- und Mitteleuropas eine bedeutende Rolle in der globalen Nahrungsmittelversorgung spielen. Es handelt sich hierbei also auch um einen moralischen Konflikt (DRL, 2006, S. 37). Dem gegenüber steht der zunehmende Import erneuerbarer Energien aus Entwicklungs- und Schwellenländern und somit die Verlagerung der Umweltprobleme durch den großflächigen Anbau von Energie-Monokulturen (Kanning et al., 2009, S. 144). Diese Verlagerung des Anbaus ist auch unter dem Begriff ‚Land Grabbing‘ bekannt, welcher „*die großflächige Inbesitznahme von fruchtbaren Ackerflächen*“ von Investoren aus dem Ausland in Schwellen- oder Entwicklungsländern bezeichnet (Südwind Forschungsinstitut, 2011, S. 2). „*Die unmittelbarste Auswirkung von Land Grabbing ist, dass jene, die das Land vor dem Verkauf oder der Verpachtung genutzt haben, die Grundlage ihrer Existenz verlieren. Darüber hinaus bedeutet der Verkauf von großen Flächen fruchtbaren Ackerlands für die Exportproduktion in vielen Ländern, dass nicht mehr ausreichend Flächen für die Nahrungsmittelproduktion zur*

---

<sup>2</sup>Opportunitätskosten kommen sowohl in der VWL als auch in der BWL vor und bezeichnen in beiden Fällen entgangene Erlöse/Nutzen. Anders ausgedrückt handelt es sich um Kosten, die dadurch entstehen, dass Möglichkeiten zur Nutzung von Ressourcen nicht wahrgenommen oder vollkommen ausgeschöpft wurden. Die Opportunitätskosten sind auch unter den Begriffen der Alternativkosten, der Verzichtskosten oder der Schattenpreise bekannt. (Gabler Wirtschaftslexikon, 2013, online; Marketinglexikon, 2013, online)

*Grundversorgung der einheimischen Bevölkerung verfügbar sind.“ (Südwind Forschungsinstitut, 2011, S. 2)*

Die Umsetzung des Ausbaus des Biomasseanbaus ist folglich eine schwierige Aufgabe, die von zahlreichen Aspekten abhängig ist und nicht von Grund auf als positiv bezeichnet werden kann. Für eine nachhaltige Biomassenutzung gilt es daher die erneuerbaren Energieträger aus ökologischer und ökonomischer Sichtweise zu bewerten und die Auswirkungen abzuwägen. Mit welchen Wirkungen zu rechnen ist und welche Bedeutung diese für die Leistungsfähigkeit des Bodens haben ist deshalb der Schwerpunkt der beiden nachfolgenden Unterkapitel 3.2.1 und 3.2.2.

## **3.2 Ökologische und ökonomische Auswirkungen des Biomasseanbaus**

Wie bereits im Kapitel 3.1 angesprochen, wird die Meinung, dass Erneuerbare Energie nur positive Aspekte besitzt, immer öfter überdacht und versucht die Gründe für die möglichen negativen Folgen aufzuarbeiten, um Gegenmaßnahmen ergreifen zu können. Auswirkungen, welche durch die Verwendung von Biomasse entstehen können, werden derzeit in Bewertungsverfahren hauptsächlich unter einem ökonomischen Gesichtspunkt berücksichtigt. Obwohl man sich auch über die ökologischen Veränderungen durch den vermehrten Biomasseanbau bewusst ist, finden diese in den Analysen meist keinen Platz. Grund dafür ist, dass die ökonomische Bewertung von Umweltgütern und ökologischen Leistungen sich derzeit noch in der Entwicklung befindet beziehungsweise mit einer Reihe von Unsicherheiten behaftet ist. In dieser Arbeit sollen aber eben diese ökologischen Auswirkungen unter einem ökonomischen Gesichtspunkt betrachtet werden und die rein ökonomischen Aspekte vorerst in den Hintergrund gerückt werden, weswegen in den nachfolgenden Unterkapiteln der ökologischen Analyse auch mehr Platz eingeräumt wird als der ökonomischen.

### **3.2.1 Auswirkungen der Biomassenutzung auf den Naturhaushalt und das Landschaftsbild – Ökologische Analyse**

In der Beschreibung der ökologischen Auswirkungen kommt es wiederum zur Unterscheidung zwischen Energiepflanzen, -hölzern und -gräsern und in Folge dessen auch zur Differenzierung zwischen dem Anbau von Biomasse auf Acker-, Wald- und Grasflächen. Die Auswirkungen beziehen sich bei Rode et al. (2006) auf einen Vergleich zwischen dem intensiven Energiepflanzenanbau und der *„derzeitig konventionellen landwirtschaftlichen Nutzung mit engen Fruchtfolgen und intensiven Bewirtschaftungsmethoden.“* (DRL, 2006, S. 60 nach Rode et al.) Bei der Nutzung von Waldflächen wird als Vergleichsbasis die totale Abholzung des Waldbestandes herangezogen. Es wird dabei von On Site-Wirkungen (Veränderungen beim Einsatz von Pflanzenschutzmitteln, Eutrophierung, Bodenverdichtung und Bodenerosion) und von Off Site-Wirkungen (Veränderungen der Grundwasserneubildungsrate und der Grund- und Oberflächenwasserqualität) ausgegangen (DRL, 2006, S. 60).

Zu Beginn soll allerdings zuerst der Bezug des Biomasseanbaus zur Energiegewinnung zum Beziehungssystem Biodiversität-Ökosystemleistungen-Menschliche Wohlfahrt hergestellt werden. Anschließend kann geklärt werden, welche Bodenfunktionen betroffen sind und wie sich diese Änderungen auf das Wohlbefinden der Menschen auswirken.

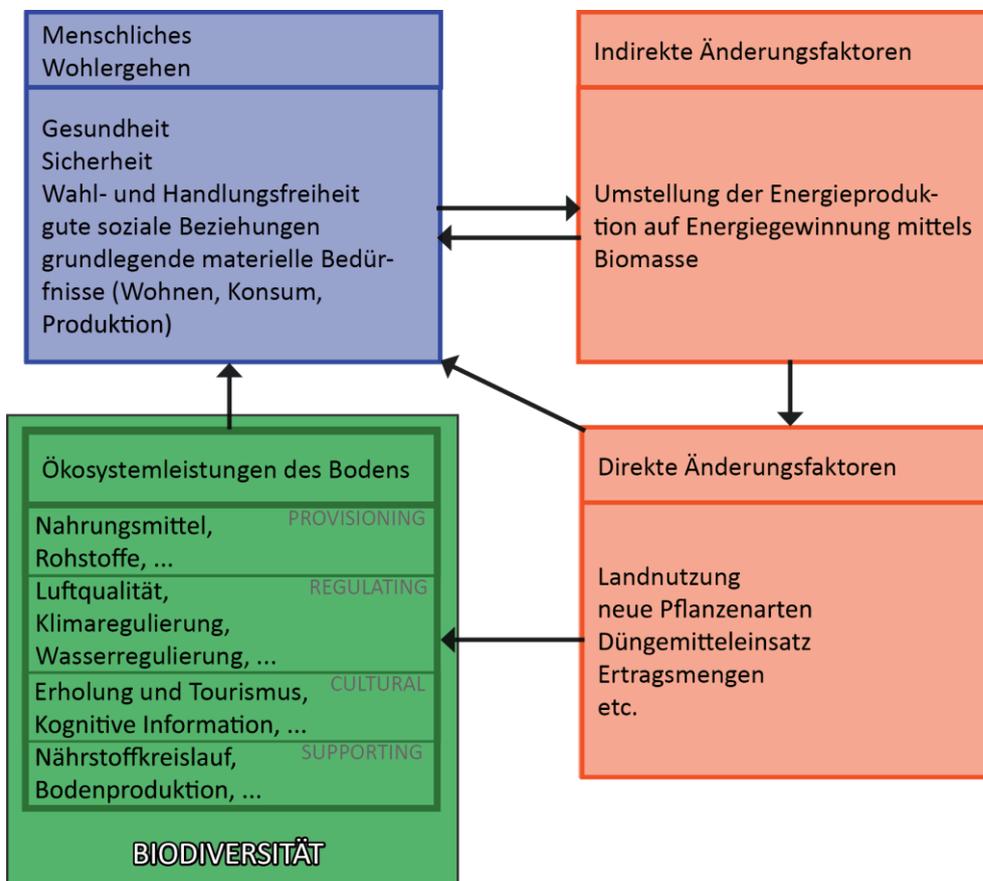
#### ***Biomasse als Änderungsfaktor im Beziehungssystem Biodiversität-Ökosystemleistungen-Menschliche Wohlfahrt***

Nimmt man an, dass der „NÖ Energiefahrplan 2030“ umgesetzt wird, dann wären damit indirekte Änderungen im Bereich Wirtschaft, Wissenschaft und Technologie sowie Kultur verbunden, die sich in weiterer Folge auf das Beziehungssystem Biodiversität-Ökosystemleistungen-Menschliche Wohlfahrt auswirken können (Kapitel 2.2.2). Damit einhergehend sind auch direkte Änderungen, beispielsweise durch veränderte Landnutzungen und -bedeckungen,

Einführung neuer Pflanzenarten und Lebewesen, Nutzung neuer Technologien etc., verbunden.

Betrachtet man nun bei den Bestrebungen des „NÖ Energiefahrplan 2030“ nur die Umsetzung der Zielsetzungen im Bereich Biomasse als Erneuerbarer Energieträger, können die indirekten und direkten Änderungsfaktoren noch genauer herausgearbeitet werden. Die Umstellung der Energieproduktion auf Energiegewinnung mittels Biomasse wird als indirekter Änderungsfaktor definiert, der sich in erster Linie direkt auf die Landnutzung auswirkt. Weiters können sich Veränderungen in den Ökosystemleistungen des Bodens aufgrund neu verwendeter Pflanzenarten, verändertem Düngemiteleinsatz und somit auch neuen Ertragsmengen ergeben (siehe Abbildung 5).

**Abbildung 5: Energetische Biomassenutzung als Änderungsfaktor für das Beziehungssystem Biodiversität-Ökosystemleistungen-Menschliches Wohlergehen**



Quelle: Eigene Darstellung, 2013, nach MA, 2005, S. VII.

In weiterer Folge wirken sich diese indirekten und direkten Änderungsfaktoren basierend auf der Annahme des Beziehungsgeflechts zwischen Biodiversität-Ökosystemleistungen-Menschliche Wohlfahrt schließlich auf das menschliche Wohlergehen aus. Inwiefern es sich dabei jedoch um positive oder gar negative Auswirkungen handelt, kann mithilfe dieser Darstellung naturgemäß nicht geklärt werden. Es bedarf folglich einer genauen ökologischen Analyse, die sich mit den positiven und negativen Aspekten des Biomasseanbaus beschäftigt.

### **Ökologische Analyse des Energiepflanzenanbaus**

Beim Anbau von Energiepflanzen bedingt es einer weiteren Unterscheidung zwischen dem Anbau auf produktivem Boden und der Nutzung von ertragsarmen Böden. Nachfolgend werden ausschließlich die Auswirkungen durch die Bestellung auf produktiven Standorten berücksichtigt. Die intensive Bewirtschaftung ertragsarmer Böden ist nämlich aus ökologischer Sicht anzuzweifeln und auch wirtschaftlich nur mit Fördermitteln der EU tragbar. Eine Zukunft könnten diese Standorte allerdings durch den Biomasseanbau zur Energiegewinnung unter dem Prinzip des Low-Input-Low-Outputs<sup>3</sup> geboten werden (DRL, 2006, S. 64).

Im Zusammenhang mit dem Einsatz von *Pflanzenschutzmittel* können sich die Wirkungen je nach Art des Wirkstoffs, der Art der Einsatzweise sowie dem Entwicklungsstand der Pflanze verändern. Generell ist mit Veränderungen der Bodenfunktion, der Artenvielfalt und des Grundwassers sowie dem Oberflächengewässer zu rechnen. Für den Anbau von Energiepflanzen wird durch die geringeren qualitativen Anforderungen weniger Pflanzenmitteleinsatz benötigt. Ein höherer Krankheitsbefall und Unkrautbesatz bringen keine Nutzeneinbußen mit sich. Wildkräuter können darüber hinaus sogar zur thermischen Verwertung mitgenutzt werden (DRL, 2006, S. 60f). Hilfreich ist des Weiteren die Tatsache, *„dass im Energiepflanzenanbau auf eine größere Arten- und Sortenvielfalt zurückgegriffen werden kann. Damit ist die genetische Variabilität erhöht und z.B. die Ausbreitung windbürtiger Krankheitserreger wie etwa Rost oder Mehltau erniedrigt.“* (DRL, 2006, S. 61 nach Hartmann et al., 2002, S. 369)

Es ist trotzdem zu erwähnen, dass der Einsatz von Pflanzenschutzmittel von der jeweiligen Kulturart und dem Anbauverfahren abhängig ist. Bei der Verwendung von Mais als Hauptfrucht ist aufgrund der langsamen Entwicklung zu Beginn des Anbaus trotz alledem ein merklicher Einsatz von Pflanzenschutzmittel notwendig, um dem Konkurrenzdruck gegenüber den Wildkräutern standzuhalten. Dies kann in weiterer Folge zu Ertragsverlusten sowie der Zunahme fremder Schädlinge führen, womit wiederum ein höherer Pestizideinsatz erforderlich ist. Bei anderen Anbauverfahren, wie dem Zweikulturnutzungssystem (abwechselnder Anbau von zwei oder mehreren verschiedenen Früchten auf ein und derselben Fläche), ist nicht nur eine Verringerung des Einsatzes von Insektiziden und Fungiziden möglich, sondern wird ebenfalls ein Geringhalten des Ernteverlustes an Grünbiomasse ermöglicht (DRL, 2006, S. 61). Eine besondere Variante des Mehrkulturnutzungssystems ist der Anbau von Wildpflanzen. Dabei werden zur selben Zeit mehrere verschiedene ein- und zweijährige Wildpflanzen auf einer Fläche angebaut. Diese können bei der Biogasproduktion zwar ertragsmäßig nicht mit dem Anbau von Silomais konkurrieren, sie bringen jedoch aus ökologischer Sicht viele Vorteile mit sich; so ist mit großer Wahrscheinlichkeit keine Anwendung von Pflanzenschutzmitteln notwendig (Vollrath et al., 2011, S. 28).

---

<sup>3</sup> Es handelt sich um eine extensive Anbauweise mit ein- oder mehrjährigen Energiepflanzen, die kaum Dünge- und Pflanzenschutzmittel benötigt und durch die langfristige Anbauweise auch nur mit geringem Arbeitsaufwand verbunden ist (Low-Input). Dafür fallen aber auch die Erträge deutlich geringer als bei einem intensiven Anbau aus (Low-Output) (DRL, 2006, S.64).

Als weiteres Hilfsmittel zur Sicherung ertragreicher Ernten in der Landwirtschaft dienen neben den Pflanzenschutz- auch die Düngemittel. Vor allem durch die falsche Anwendung der Düngemittel, aber auch durch die steigenden Einsatzmengen, kann es zur *Eutrophierung (=Überdüngung)* von Grund- und Oberflächenwasser sowie terrestrischer, der Landwirtschaft benachbarter, Biotope kommen. Besondere Gefahr birgt dabei der wirtschaftseigene Dünger (Gülle, Jauche) in sich, der nicht so gezielt eingesetzt werden kann wie der Mineraldünger. Gegen eine zu hohe Nährstoffanreicherung hilft neben einer gezielten Düngung eine möglichst ganzjährige Pflanzendecke. Bekanntermaßen findet in jenem Zeitraum, in dem die Fläche nicht mit Pflanzenwuchs bedeckt ist, die Stickstoffverlagerung mit dem Wasser am häufigsten statt. Vorbeugend ist es von Bedeutung, die „*Art und Dauer des Pflanzenbestandes, die Fruchtfolge, Art, Menge und Zeitpunkt des organischen bzw. mineralischen Düngemittleinsatzes und die Art und der Zeitpunkt der Bodenbearbeitung*“ (DRL, 2006, S. 61) zu berücksichtigen. Vergleicht man nun den Anbau für die Lebens- und Futtermittelproduktion mit dem landwirtschaftlichen Anbau von Energiepflanzen, sind die Auswirkungen auf den Naturhaushalt abhängig von der Art des Energiepflanzenanbaus gleichbleibend bis sinkend. In jedem Fall kann auf die Qualitätspätdüngung verzichtet werden, da Energiepflanzen geringeren Qualitätskriterien unterliegen. Das Weglassen dieser Düngung bringt eine Einsparung von 30% in der Stickstoffdüngung (DRL, 2006, S. 61 nach Hartmann et al., 2002, S. 370).

Mit Hilfe einer ständigen Bodenbedeckung kann auch das Risiko der *Bodenerosion* verringert werden. Fruchtarten, welche den Boden schnell bedecken, sind in diesem Zusammenhang sehr gefragt. Der Bodenzustand, wassergesättigt oder trocken, verändert dabei jahreszeitabhängig das Risiko der Wasser- bzw. Winderosion. Um der Bodenerosion entgegenzuwirken, gilt es, den Boden in zeitlich nah beieinander liegender Abfolge mit verschiedenen aufeinander abgestimmten Fruchtpflanzen zu kultivieren (DRL, 2006, S. 62).

In Folge eines falschen Anbaus von Kulturpflanzen kann es zu einer *Bodenverdichtung* kommen, wobei dies in erster Linie von der Bodenart und der Bewirtschaftungsart abhängig ist. Die Hauptursache für eine Bodenverdichtung liegt, neben den standörtlichen Gegebenheiten, in der Häufigkeit des Befahrens der Ackerfläche mit schweren Maschinen. Das Risiko der Verdichtung nimmt zu, je höher das Gewicht des Gefährts und desto höher der Feuchtigkeitsanteil des Bodens ist. Das Gefahrenpotenzial wird sich durch den Anbau von Energiepflanzen allerdings nur gering verändern, da sich die notwendigen Arbeitsschritte kaum von jenen der Lebens- und Futtermittelproduktion unterscheiden. Beim Biomasseanbau liegen zwar Einsparungen durch das Weglassen der letzten Düngung und der höheren Akzeptanz von Krankheits- und Unkrautbesatz vor, diese werden jedoch durch den Anbau einer Zweit- oder Zwischenfrucht und den damit in Verbindung stehenden zusätzlichen Arbeitsschritten wieder zunichte gemacht. Eine Kompensation durch die Einführung von Monokulturen von Energiepflanzen ist allerdings durch Gefahren in anderen Zusammenhängen (z.B. Risiko der Bodenerosion und -verdichtung) nicht zu erwarten (DRL, 2006, S. 63). Beim Anbau von Wildpflanzen allerdings, der sich dadurch kennzeichnet, dass nur einmal angesät werden muss und

die Fläche danach für fünf Jahre genutzt werden kann, ist mit einer Verringerung der Bodendichte gegenüber der traditionellen Landwirtschaft zu rechnen (Vollrath et al., 2011, S. 28).

Schließlich hat die Bestellung der Ackerflächen mit Energiepflanzen auch Auswirkungen auf *Arten und Lebensgemeinschaften*. In den letzten Jahrzehnten ist in Folge eines erhöhten Dünge- und Herbizideinsatzes sowie einer verstärkten Ausräumung der Flächen und anderer ähnlicher ertragssteigernder Maßnahmen ein Artenrückgang und eine Abnahme der Begleitflora zu verzeichnen. Der Energiepflanzenanbau und die Tatsache, dass „*alle ertragreichen Pflanzenarten interessante potenzielle Energiepflanzen sind*“ (DRL, 2006, S. 63) eröffnen die Möglichkeit, die Arten- und Sortenvielfalt wieder zu erhöhen. Gefördert wird in diesem Zusammenhang ebenfalls die Wiedereinführung alter Kultursorten, welche zeitweise sogar einen höheren Ertrag mit sich bringen. Von großem Vorteil ist beim Anbau von Energiepflanzen die Akzeptanz von Wildkräutern; wenn diese in einem gewissen Ausmaß gehalten werden, können sie die Artenvielfalt fördern und gleichzeitig der Biomasseproduktion zugeführt werden. Negative Auswirkungen sind begründet durch die sehr frühe Ernte, welche insbesondere krautige Arten mit einer späten Samenreife verdrängt. Des Weiteren wird durch einen dichten Aufwuchs der Lebensraum für lichtliebende Ackerwildkräuter und wärmeliebende Tierarten eingeschränkt. Inwieweit nun die positiven die negativen Aspekte überragen, sie aufheben oder diesen sogar unterliegen ist derzeit noch nicht erforscht. Mit einer Änderung des Arteninventars ist aber gleichermaßen zu rechnen wie mit einer Veränderung des Landschaftsbildes (DRL, 2006, S. 63).

### **Ökologische Analyse von Energiehölzern**

Bei der Entwicklung von Energiewäldern greift man oftmals auf ehemalige und bereits stillgelegte Acker- und Wiesenflächen zurück, die mit schnellwachsenden Baumarten und Sträuchern bepflanzt werden. Diese Anbauweise ist unter dem Begriff des Kurzumtriebs bekannt. Geeignete Baumarten für eine Kurzumtriebsplantage sind vor allem Pappeln und Weiden, welche sich durch ein rasches Jugendwachstum und eine hohe Nachwachsfähigkeit nach der Ernte auszeichnen (ARGE Energiewald Niederösterreich, 2012, online).

Die Bepflanzung der Ackerflächen erfolgt mit Stecklingen, die nach dem Einsetzen mit einem *Pflanzenschutzmittel* in Form eines Voraufbauherbizids zur Unkrautbekämpfung besprüht werden. Im Gegensatz zu den Energiepflanzen kann der Ertrag der Energiehölzer sehr wohl durch Wildkräuter und Unkraut beeinflusst werden. Zusätzlich ist eine Pflege von 2 bis 3 Mal im Jahr notwendig, um den Ausfall einer Pflanze aufgrund des Unkrautdrucks zu vermeiden. Insgesamt kann allerdings aufgrund des nur einmalig durchgeführten *Düngedurchgangs* davon ausgegangen werden, dass bei Kurzumtriebsplantagen die Nitratkonzentration im Sickerwasser deutlich geringer ist als bei einem herkömmlichen Ackeranbau (ARGE Energiewald Niederösterreich, 2012, online; DRL, 2006, S. 26 nach Burger, 2004, o.S.).

Obwohl auch beim Energiewald der Trend der Ertragsmaximierung und der vegetativen Vermehrung immer stärker zunimmt, können Ähnlichkeiten mit der früher weit verbreiteten Niederwaldwirtschaft erkannt werden. Es handelt sich folglich um ein mehr oder weniger

bekanntes, aber trotzdem gewöhnungsbedürftiges *Landschaftsbild* (DRL, 2006, S. 26). Im Zusammenhang mit Energieholzplantagen können linien- und flächenhafte Strukturen die Landschaft jedoch auch neu prägen. Von besonderer Bedeutung sind dabei die Außenrandstrukturen und die Anbindung an die vorhandenen Strukturen in der Umgebung (DRL, 2006, S. 26).

Derzeit vorliegende Studien über die Wirkung der Energiewälder auf die *Artenvielfalt* belegen die positiven Effekte dieser Anlagen auf den Naturschutz. Vor allem im Vergleich mit den landwirtschaftlichen angrenzenden Flächen und der Alternative des Mais- oder Rapsanbaus kann der Energiewald mit seinem Naturschutzwert punkten. Dabei ist zu berücksichtigen, dass eine Vielfalt an Hölzern unterschiedlicher Altersstadien entsteht, denn somit werden optimale Wachstumsbedingungen für mehrere Holzarten geschaffen. Inwieweit Energiewälder sogar eine Verknüpfung zwischen vorhandenen Biotopen und anderen schützenswerten Landschaften ermöglichen kann, gilt es noch zu untersuchen (DRL, 2006, S. 26). Während innerhalb der Energiewälder ein Anstieg des Artenreichtums gegenüber landwirtschaftlichen Flächen verzeichnet werden kann, besteht an den Randflächen die Gefahr der Entwicklung von artenarmen Gräsergemeinschaften (DRL, 2006, S. 76).

Zusammenfassend kann über die ökologischen Auswirkungen des Energiewaldes auf landwirtschaftlichen Flächen überwiegend positives berichtet werden. Zuständig dafür sind einerseits das Blätterkleid der Bäume, welches im Sommer als Schattenspender vielen Arten einen *Lebensraum* bietet und mit dem Laubfall im Herbst für eine verbesserte *Humusbildung* sorgt und auf der anderen Seite die Wurzeln, welche eine *Bodenerosion* vermeiden. Ebenfalls von Vorteil für die Bodenqualität sind die verlängerten Ernteperioden auf zwei bis sieben Jahre. Der Boden wird seltener mit schweren Arbeitsgeräten befahren, womit einer *Bodenverdichtung* vorgebeugt wird (DRL, 2006, S. 76 nach Burger, 2004, o.S.).

Neben der Nutzung ehemaliger landwirtschaftlicher Flächen können auch Waldflächen für die Energieholzerzeugung im Kurzumtrieb herangezogen werden. Die Auswirkungen auf das *Landschaftsbild*, die in diesem Zusammenhang entstehen, sind aufgrund der Bewirtschaftung sogenannter Mittelwälder als noch gering einzuschätzen, da mit einer bestimmten Dichte des Oberholzes die typischen Eigenschaften eines Waldes erhalten bleiben. Die regelmäßige Entstehung offener Flächen ist aus Sicht des Naturschutzes ebenfalls von besonderer Bedeutung. Grundsätzlich unterscheidet sich die Niederwaldnutzung vom Mittelwald nur durch die Verwendung anderer Baumarten und abweichender Rotationsperioden. Folglich sind die Ergebnisse der ökologischen Analyse sehr ähnlich und damit ebenfalls überwiegend als positiv zu bezeichnen (DRL, 2006, S. 26).

Um den Kreislauf der Waldökosysteme nicht zu stören und somit eine Rückführung gewisser Nährstoffe zu ermöglichen, muss ein gewisser Anteil von Bäumen für die Produktion von Totholz und Laub gewährleistet sein. Bei der Nutzung von Holz als Energieträger sind weiters naturschutzrelevante Strukturen und Biotopbäume zu berücksichtigen und zu erhalten (DRL, 2006, S. 21+26). Eine überdimensionierte und nicht standortgerechte Nutzung der Biomasse

widerspricht dem Nachhaltigkeitsprinzip und führt durch den zu geringen Nährstoffrückfluss zur Verschlechterung der *Bodenfruchtbarkeit* (DRL, 2006, S. 27).

Ähnlich der ökologischen Bewertung des Anbaus von Energiepflanzen ist auch bei der Beurteilung der ökologischen Tragbarkeit des Ausbaus der Energieholzerzeugung der ausschlaggebende Faktor die vorhergehenden Standortgegebenheiten der betroffenen sowie der angrenzenden Flächen.

### **Ökologische Analyse der Grünlandnutzung**

In Mitteleuropa musste in den letzten Jahrzehnten ein einschneidender *Rückgang an Grünlandflächen* verzeichnet werden. Tatsächlich ist somit ebenfalls von einem *Verlust naturschutzfachlicher und landschaftsästhetischer Art* zu sprechen, denn das Grünland in Mitteleuropa zeichnet sich durch eine vielfältige Artenzusammensetzung und Struktur aus (DRL, 2006, S. 27). Der Flächenverlust ist auf den Verlust der ökonomischen Attraktivität des Grünlandes zurückzuführen, dass infolge intensiviert und in Ackerland umgewandelt wurde (Peters et al., 2010, S. 14).

Ein weiterer Grund für den Flächenrückgang ist, dass Grassilage inzwischen häufig als Substrat in Biogasanlagen verwendet wird. Gras ist aber nur dann geeignet, wenn keine zu hohen Zellulose- und Ligningehalte<sup>4</sup> vorhanden sind. Deren Anteile steigen mit zunehmendem Alter, wodurch folglich eine frühe Mahd einer späten für die Biogasproduktion vorzuziehen ist (DRL, 2006, S. 17). Gras ist allerdings meist nur ein Nebenprodukt und „fällt z.B. bei der Bewirtschaftung von landwirtschaftlich genutztem Grünland, der Pflege von Extensivgrünland auf Naturschutzflächen oder der Pflege kommunaler Grünflächen (Sportplätze, Parkanlagen) an.“ (DRL, 2006, S. 64). Seine Entsorgung ist mit hohen Kosten verbunden, weshalb der naturschutzfachlichen Pflege von Grünlandflächen oft finanzielle Grenzen gesetzt sind. Bei extensiv genutztem Grünland handelt es sich allerdings um besonders schützenswerte Flächen, die vielen Arten als Rückzugsraum dienen. Die Verwertung des anfallenden Schnittgutes stellt daher eine gute Alternative gegenüber der gänzlichen landwirtschaftlichen oder energetischen Nutzung der Fläche dar (DRL, 2006, S. 64f).

Um die Energieerzeugung in Hinblick auf die gewonnene Biomassemenge rentabler zu machen, benötigt man Fett- und keine extensiv genutzten Magerwiesen. Es wird befürchtet, dass diese Wiesen trotz wirtschaftlich schwieriger Situation genutzt werden und somit eine *Artenverarmung* des wertvollen Grünlandes verursacht wird. Zu beachten ist, dass auch das intensivierbare Grünland durch eine Intensivierung unter Artenarmut leiden kann. Das untaugliche Grünland ist hingegen Bedrohungen wie Brache oder Aufforstung ausgesetzt. Von großer Bedeutung bei der Grünlandwirtschaft ist folglich eine naturschutzfachliche Begleitung

---

<sup>4</sup> Lignin kann in die pflanzliche Zellwand eingelagert werden und somit zur Verholzung der Pflanze beitragen. Dadurch wird in weiterer Folge die Fermentationsprozess zur Erstellung von Biogas erschwert. Zellulose ist hingegen für die Stabilität und die Struktur der Pflanzen zuständig, indem sie reißfeste Fasern produziert und sich somit ebenfalls negativ auf die Fermentation auswirkt (wikipedia.org, 2013, online)

und Planung, um die *ökologische und kulturelle Vielfalt* der Wiesen, Weiden und Rasen zu erhalten (DRL, 2006, S. 27). Darüber hinaus gilt, dass die Grünlandnutzung, ähnlich wie der Anbau von Silomais, wirtschaftliche Vorteile durch ihre geringen Massen- und hohen Energieerträge mit sich bringt; allerdings nur dann, wenn ungenutzte Flächen zur Verfügung stehen und diese nicht für den Maisanbau geeignet sind. Für die Erreichung der Wirtschaftlichkeit werden zusätzlich ungenutzte Kapazitäten einer bereits bestehenden Biogasanlage vorausgesetzt (Rode, 2005, S. 119).

Eine spezielle Form der extensiven landwirtschaftlichen Nutzung ist der Anbau von Miscanthus (Chinaschilf), einem Süßgras. Der Vorteil von Miscanthus ist, dass er bei guten Boden- und Klimabedingungen eine hohe Wuchsleistung aufweist. Für die energetische Nutzung wird Miscanthus derzeit hauptsächlich in Form von Häcksel für die Wärmeerzeugung eingesetzt. Des Weiteren dient er mithilfe von Weiterverwertungsmaßnahmen zur Produktion von Biogas. Aus ökologischer Sicht zeichnet sich der Anbau von Miscanthus dadurch aus, dass er ohne die Verwendung von *Herbiziden* auskommt. Es handelt sich aber dennoch um eine sehr monotone Bewirtschaftung, die sich negativ auf die *biologische Vielfalt* auswirken kann, da beim Anbau keine anderen Kräuter und Gräser erwünscht sind und diese in den ersten zwei Jahren regelmäßig entfernt werden müssen. Danach ist eine Nutzung für die nächsten 20 Jahre gesichert (FNR, 2013, online).

Weiters zeichnet sich der Anbau von Miscanthus durch eine geringe *Düngeintensität* aus. Mithilfe der flächendeckenden Bepflanzung sowie dem Blattfall und der damit in Verbindung stehenden Humusbildung kann ebenfalls eine Verringerung des Risikos im Bereich der *Bodenerosion* verzeichnet werden. Die Blattaufgabe führt in weiterer Folge dazu, dass der Wasservorrat geschont wird und eine dauerhafte Nährstoffquelle entsteht, „*die die Nährstoffe der Blattmasse langsam wieder an den Wurzelraum zurück gibt.*“ (FNR, 2013, online)

### **Schlussfolgerungen aus der ökologischen Analyse des Biomasseanbaus**

Die energetische Nutzung von Biomasse kann sich in vieler Hinsicht positiv auf die vorherrschenden ökologischen Gegebenheiten auswirken, wobei sich aber die Annahme von DER guten Erneuerbaren Energie nicht immer bewahrheitet. Zur Unterstützung dieser Aussage wurden die Ergebnisse der ökologischen Analyse in Tabelle 3 übersichtlich dargestellt. Dabei wurden die ökologischen Wirkungen des Biomasseanbaus mit den in der europäischen Bodenschutzstrategie festgelegten Bodengefährdungspotentialen in Beziehung gesetzt. Auf die beiden Gefährdungspotentiale Versiegelung und Erdrutsch wurde allerdings keine beziehungsweise nur teilweise Rücksicht genommen. Denn beim reinen Anbau von Biomasse kommt es zu keiner zusätzlichen Versiegelung von Bodenfläche und Erdrutsche spielen nur im Falle der Nutzung von Waldflächen, die sich in Hanglage befinden, eine Rolle, da landwirtschaftliche Flächen normalerweise in der Ebene liegen.

**Tabelle 3: Veränderung der Bodengefährdungspotentiale bei Anbau ausgewählten Biomassearten zur Energiegewinnung gegenüber land- oder forstwirtschaftlicher Nutzung**

	Energiepflanzen			Energiehölzer		Energiegräser	
	Mais	Wildkräuter	Raps	Kurzumtrieb	Mittel- und Niederwald	Miscanthus	Intensive Grünlandnutzung
Enprodukt/ Nutzungsart	Biogas	Biogas	Biodiesel/ Pflanzenöl	thermische Nutzung	thermische Nutzung	thermische Nutzung	Biogas
Erosion	-	+	~	+	+	+	-
Verlust organischer Substanzen <sup>1</sup>	~	+	-	~	~	~	-
Verdichtung	~	+	~	+	~	+	-
Versalzung	-	+	~	+	~	~	~
Erdrutsche				+	+		
Bodenver- unreinigung <sup>2</sup>	-	+	~	~	+	+	-
Rückgang der biolog- ischen Vielfalt <sup>3</sup>	-	+	-	~	~	~	-
Energie-/ CO <sub>2</sub> -Bilanz	~	~	-	~	~	~	-
<b>Ergebnis der ökologischen Analyse</b>	<b>negativ</b>	<b>positiv</b>	<b>mittel</b>	<b>mittel</b>	<b>mittel</b>	<b>mittel</b>	<b>negativ</b>

<sup>1</sup> Falscher oder zu häufiger Düngemitelesatz bedingt einen Verlust an organischen Substanzen.

<sup>2</sup> Zu hoher Einsatz von Pflanzenschutz- und Düngemittel führen zu Bodenverunreinigungen.

+ Verringerung des Gefährdungspotentials

~ gleichbleibende bis mäßige negative Veränderung des Gefährdungspotentials

- Verstärkung des Gefährdungspotentials

Ursprungsnutzung:

■ Ackerflächen

■ Waldflächen

■ Grünlandflächen

Quelle: Eigene Darstellung, 2012.

Die Zusammenfassung der ökologischen Analyse bringt zwei bedeutende Ergebnisse mit sich. Erstens wird ersichtlich, dass die Ausweitung des Biomasseanbaus hauptsächlich auf jenen Flächen stattfindet, welche derzeit der landwirtschaftlichen Produktion dienen und zweitens sind nicht jene Biomassenutzungen aus ökologischer Sicht auf den ersten Blick abzulehnen, welche sich auf eine monotone und ertragsorientierte Anbauweise stützen, sondern das Ausmaß der Beeinträchtigung der Bodenfunktionen hängt auch stark von der vorangehenden Nutzung ab.

Aus der ökologischen Analyse kann ebenfalls abgelesen werden, dass das Funktionieren des Teilökosystems Boden sehr stark von dem Ausmaß des Beitrags des Biomasseanbaus auf diese Risiken abhängig ist. Die Aufgabe liegt daher darin, die ermittelten Risiken und Chancen abzuwägen, um sich der vorhandenen natürlichen Nutzungsgrenzen sowie dem Konflikt-

potential in land- und forstwirtschaftlichen Ökosystemen bewusst zu werden, um abschließend zu einer standortgerechten Bewirtschaftung zu gelangen (Rode et al., 2005, S. 156).

Im Rahmen der Standortanalyse gilt es, den vorrangigen Nutzungen einen hohen Stellenwert einzuräumen. Denn diese ist für die jeweiligen zu erwartenden Umweltauswirkungen grundlegend ausschlaggebend. Für einen kombinierten Natur- und Klimaschutz beispielsweise sind der Erhalt und die Vermeidung der Um- oder Übernutzung der Grünland- und Waldflächen von großem Interesse. Somit kann nicht nur der Bestand zweier hervorragender CO<sub>2</sub>-Speicher, sondern auch der Schutz der Biodiversität gewährleistet werden (Peters et al., 2010, S. 14; Faulstich et al., 2008, S. 175). In weiterer Folge ist durch die Berücksichtigung des Schutzes und des Erhalts der Biodiversität nicht nur in gewissem Maße die Leistungsfähigkeit des Naturhaushaltes sichergestellt, sondern auch ein sensibler Umgang mit dem vorhandenen Landschaftsbild und eine sanfte Einbettung neuer Anbauformen vorausgesetzt (Peters et al., 2010, S. 8).

Die Einhaltung all dieser Grundsätze und somit die Umsetzung einer standortgerechten Nutzung können sich schließlich beispielsweise nicht nur positiv auf den Wasserhaushalt auswirken, sondern durch einen angepassten Umgang mit Dünge- und Pflanzenschutzmitteln die Umweltbelastungen verringern und die Bodenfunktion stärken. Es kann schließlich mit einer verstärkten Kohlenstoffbindung im Boden gerechnet werden, die in weiterer Folge zu einer wesentlichen Verbesserung der Treibhausgas-Bilanz führt (Peters et al., 2010, S. 8). Zu berücksichtigen ist dabei, dass je nach Nutzung der unterschiedlichen natürlichen Energieträger verschieden stark ausgeprägte Potenziale zur Reduktion der Treibhausgase bestehen.

Einem Umstieg von konventioneller Landwirtschaft auf Energielandwirtschaft müssen folglich zahlreiche Analysen vorangehen, um die ökologische Effizienz absichern zu können. Für einen Wechsel auf Energielandwirtschaft spielen neben den Umweltwirkungen auch ökonomische Aspekte eine bedeutende Rolle, die im anschließenden Kapitel kurz erläutert werden.

### **3.2.2 Volkswirtschaftliche Effekte des Biomasseausbaus (Ökonomische Analyse)**

Im Rahmen der ökonomischen Analyse der energetischen Biomassenutzung kann man einerseits zwischen einer betriebswirtschaftlichen und andererseits einer volkswirtschaftlichen Betrachtungsweise unterscheiden. Die betriebswirtschaftliche Situation von Anlagen zur Erzeugung von Strom, Wärme und Kraftstoff aus Biomasse wird im Rahmen dieser Diplomarbeit außer Acht gelassen und die Blickrichtung auf die volkswirtschaftlichen Effekte des Biomasseanbaus gelegt.

In den derzeit bekannten Studien zur Ermittlung gesamtwirtschaftlicher Folgen stehen die Entwicklung der Beschäftigungssituation und das Bruttoinlandsprodukt im Mittelpunkt der Untersuchungen. Folglich werden ökologische Kosten und Nutzeffekte nicht berücksichtigt. Keine Betrachtung finden daher beispielsweise eine Verbesserung der landschaftlichen Gegebenheiten, die zu verkürzten Fahrtwegen und somit geringeren Reisekosten im Rahmen

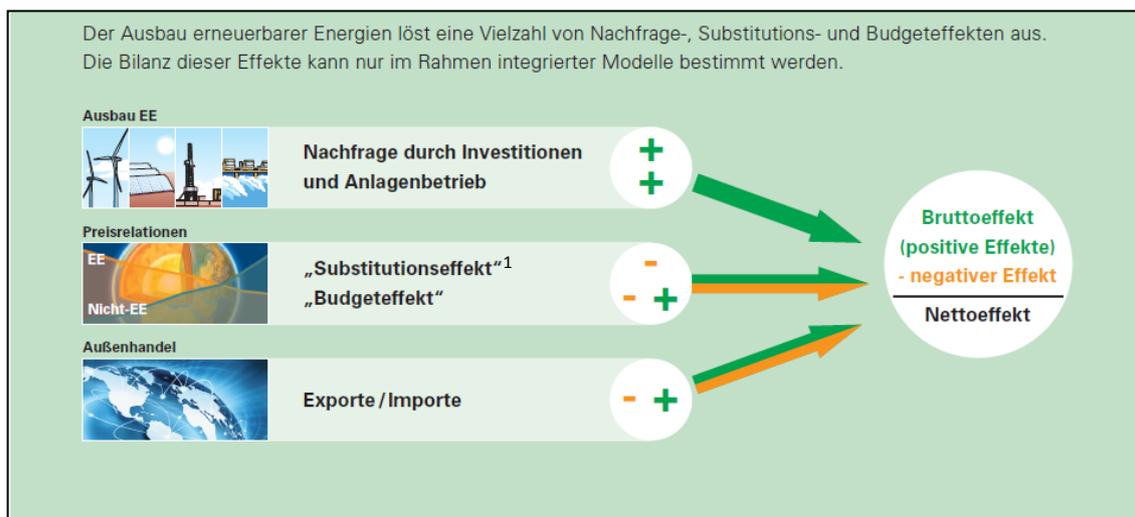
der Freizeitgestaltung führen oder eine veränderte Wasserqualität, die einen geringeren oder vermehrten Zukauf von Trinkwasser mit sich bringt.

Für die in Kapitel 5 durchgeführte Analyse zur gesamtwirtschaftlichen Bewertung des Biomasseanbaus gilt es allerdings, eben genau den letztgenannten Aspekten eine besondere Stellung zukommen zu lassen. Zum besseren Verständnis wird jedoch kurz ein Überblick über die innerhalb einer volkswirtschaftlichen Analyse herangezogenen Indikatoren und deren Auswirkungen gegeben.

Die Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforshung mbH und das Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg haben für die Erarbeitung der Studie „Volkswirtschaftliche Bewertung der Energiewende – Erneuerbare Energien und Energieeffizienz“ ein für die Analyse umweltökonomischer Fragestellungen erweitertes komplexes Modellsystem herangezogen. Damit können neben dem Strukturwandel der wirtschaftlichen Entwicklung auch umweltökonomische Interdependenzen berücksichtigt werden (Lehr et al, 2012, S. 4f).

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen einen anfänglichen Anstieg der Beschäftigung durch direkte Investitionen in den Anlagenbau und dessen Betrieb. In weiterer Folge werden mehr Güter anderer Wirtschaftssektoren nachgefragt und indirekte Beschäftigungsimpulse gesetzt. Neue Arbeitsplätze werden sich allerdings hauptsächlich auf den Wirtschaftsbereich der Erneuerbaren Energien und deren Zulieferunternehmen beschränken. Mit einer Stärkung der regionalen Wertschöpfung durch den Ausbau der Biomassenutzung können darüber hinaus vor allem ländliche Regionen rechnen (Lehr et al., 2012, S. 5,7).

**Abbildung 6: Methodische Übersicht der Beschäftigungseffekte der erneuerbaren Energien**



<sup>1</sup> Die Substitutions- und Budgeteffekte enthalten nicht nur unmittelbare Reaktionen, sondern inkludieren auch die alternative Mittelverwendung.

Quelle: Lehr et al, 2012, S. 5 nach BMU, 2006.

Gegen diese Ergebnisse spricht die Tatsache, dass es sich bei den Investitionen nur um verlagerte Investitionen handelt, die ansonsten für die konventionelle Strom- und Wärm-

eproduktion verwendet worden wären; auch ist anzuführen, dass anfangs höhere Kosten für Strom und Wärme für die Verbraucher entstehen und damit ein Ausgabenrückgang für andere Güter verursacht wird (siehe Abbildung 6) (Lehr et al., 2012, S. 5,7).

Eine positive Entwicklung der Nutzung erneuerbarer Energien ist darüber hinaus auf die politischen Rahmenbedingungen und die Förderung angewiesen. Ansonsten wären die neuen Anlagen ökonomisch (aus betriebswirtschaftlicher Sicht) nicht tragbar (Lehr et al., 2012, S. 7).

Ähnliche Erkenntnisse können auch im Endbericht des Projektes „e-co – Volkswirtschaftliche Auswirkungen eines nachhaltigen Energiekonsums“ nachgelesen werden. Dem Szenario 1 ‚Wir nutzen die richtige Energie‘ liegt die Annahme über einen massiven Ausbau Erneuerbarer Energie zugrunde. Damit verbundene höhere Investitionen wirken sich positiv auf das Bruttoinlandsprodukt aus und führen in weiterer Folge zu einer steigenden Anzahl an Erwerbstätigen, wobei der Bereich der unternehmensbezogenen Dienstleistungen am stärksten profitiert (Bohunovsky et al., 2010, S. 33).

Beide Studien sehen in einem erweiterten Anbau von Energiepflanzen positive Aspekte. Diese sind jedoch zeitlich begrenzt (z.B. nur für den Zeitraum des Baus einer neuen Biogasanlage, eines neuen Heizkraftwerkes). Davon profitieren kann vor allem der ländliche Raum. Mit der neuen Nutzungsform der Biomasse wird ein neues Produkt und somit ein neuer Absatzmarkt für die Land- und Forstwirtschaft geschaffen, der wiederum in enger Verbindung mit der Erhaltung und Pflege von Kulturlandschaften steht (DRL, 2006, S. 34).

### 3.2.3 Überblick über die ökologischen und ökonomischen positiven und negativen Aspekte der verschiedenen Energiepflanzen und -hölzer

In Tabelle 4 sind einige Energiepflanzen und -hölzer mit ihren ökonomischen und ökologischen Vor- und Nachteilen angeführt. Dies dient der Veranschaulichung der Unterschiede im Anbau und in der Betriebsführung.

Tabelle 4: Vor- und Nachteil einiger Kulturpflanzen

Kulturpflanzen	Vorteil	Nachteil
Getreide	<ul style="list-style-type: none"> <li>• dzt. niedriger Marktpreis</li> <li>• positiver Beitrag zum Gärprozess und Aufrechterhaltung der Fruchtfolge → Verhinderung der Bodenerosion und Beitrag zum Humusaufbau</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• niedriger Gesamthektarertrag</li> <li>• negatives Verhältnis zwischen Energieträgerkosten und Herstellkosten je kWh</li> </ul>
Mais	<ul style="list-style-type: none"> <li>• optimal für die energetische Verwertung in Biogasanlagen (gute Gäreigenschaften)</li> <li>• hoher Gesamthektarertrag und somit geringe Kosten je kWh</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• verschärft das Problem der Bodenerosion und der Bodenverdichtung</li> <li>• negative Humusbilanz → verstärkter Herbizideinsatz!</li> <li>• Veränderung von Kulturlandschaft</li> </ul>

Fortsetzung von Tabelle 4 auf S. 50!

Fortsetzung von Tabelle 4 von S. 49!

		und in der Folge Verlust von Biodiversität („Vermaisung“ der Kulturlandschaft)
Sonnenblume (Silage)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• höchstes Methanbildungsvermögen</li> <li>• hohe Gesamthektarerträge</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• verschärft das Problem der Bodenerosion und der Bodenverdichtung</li> <li>• negative Humusbilanz → Düngemittel notwendig!</li> <li>• Problem der Konservierung → Gefahr der Schimmelbildung!</li> </ul>
Raps	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vielfältige Nutzungsmöglichkeiten</li> <li>• Ähnlichkeit zur Lebensmittelproduktion</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• geringer Nettokraftoffertrag/ha</li> <li>• hoher Mineraldünger-, Herbizid-, Fungizid- und Insektizideinsatz</li> <li>• der hohe Reststickstoffgehalt in Form zurückgebliebener Stängel- und Blattmasse</li> </ul>
Zuckerrüben und Kartoffeln	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ähnlichkeit zur Lebensmittelproduktion und somit keine Verschlechterung, aber eben auch keine Verbesserung zu erwarten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Risikofruchtarten für Bodenverdichtung durch hohe Radpassagezahlen</li> </ul>
Gräser: Luzerne, Weidelgras, Rohrglanzgras	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Luzerne: keine mineralische Stickstoffdüngung notwendig</li> <li>• Rohrglanzgras: nach dem Low-Input-Low-Output-Prinzip ökonomisch als positiv zu bewerten</li> <li>• i.A. positive Wirkung auf die Bodenbeschaffenheit → ganzjährige Bedeckung verhindert Bodenerosion und Beitrag zum Humusaufbau und somit zur CO<sub>2</sub>-Reduktion</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• teure Rohstoffbasis: aufwendiges Ernteverfahren und niedriges Energieertragsniveau</li> <li>• Rohrglanzgras: ökologisch aufgrund der chemischen Rohstoffzusammensetzung schwierig</li> </ul>
Miscanthus/ Kurzumtrieb	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Positives Energie-Input-Output Verhältnis</li> <li>• Erhöhung der Bodenqualität</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Miscanthus: Problem durch die geringe Schüttdichte des Häckselmaterials</li> <li>• Kurzumtrieb: hohe Trocknungskosten durch hohen Wassergehalt bei der Ernte</li> </ul>

Quelle: Bosch et al, 2011, S. 115, Steininger et al, 2008, S. 114f, DRL, 2006, S. 17, 63.

Bei einer genaueren Betrachtung der Vor- und Nachteile kommt man schließlich zu der Erkenntnis, dass jene Kulturen, die aufgrund ihres hohen Gesamthektarertrages aus

ökonomischer Sicht sinnvoll sind, vom ökologischen Standpunkt aus abzulehnen wären. Es ist daher ein ausgewogener Anbau verschiedener Energiepflanzen anzustreben, um sowohl den ökonomischen, als auch den ökologischen Kriterien zu entsprechen (Steininger et al., 2008, S. 116).

Zur Auswahl der ‚richtigen‘ Biomasse und ihre Nutzungsart wurden entsprechende Bewertungsverfahren erarbeitet. Die Ergebnisse dieser Bewertungen können teilweise eine gute Grundlage für eine gesamtwirtschaftliche Analyse darstellen und werden daher nachfolgend kurz beschrieben.

### **3.3 Bewertung von Biomasseenergieträger über Ökobilanzen und andere ökonomisch-ökologische Bewertungsinstrumente**

Mittels der Ergebnisse der ökologischen und der ökonomischen Analysen von Biomasse und somit mit dem Wissen über die Auswirkungen ihres Anbaus, können Bewertungsverfahren für die einzelnen Energiepflanzen, -hölzer und -gräser durchgeführt werden. Für die Analyse ähnlich jener in Kapitel 5 könnten sie somit die Basis zur Quantifizierung und zur anschließenden Monetarisierung mithilfe von Marktpreisen oder über ökonomische Bewertungsmethoden nicht-marktfähiger Güter bilden. Wie diese Bewertungsverfahren aufgebaut sind, wird in den nachfolgenden Unterkapiteln näher erläutert.

#### **3.3.1 Was sind Ökobilanzen?**

Zur Erzeugung von Strom, Wärme und Kraftstoffen aus regenerativen Energieträgern sind ähnlich wie bei der Nutzung fossiler Energieträger mehrere Arbeitsschritte notwendig, die über Rohstoffentnahmen zu Belastungen der Umwelt führen oder aber über verringerte Emissionen in die Umwelt Entlastungen der Umweltauswirkungen bewirken. Das Prinzip der Ökobilanzen liegt deshalb in der systematischen Erfassung der tatsächlichen Umweltauswirkungen der einzelnen Arbeitsschritte und der anschließenden Gegenüberstellung der Input- und Output-Parameter (DRL, 2006, S. 22). Dementsprechend liegen den Ökobilanzen im Allgemeinen Stoffstromanalysen („Material Flow Analysis“) zugrunde.

#### ***Exkurs: Stoffstromanalyse („Material Flow Analysis“)***

Stoffstromanalysen dienen zur Darstellung der „*produkt- und branchenübergreifenden Stoff- und Energieströme sowie deren Umwelt- und Kosteneffekte.*“ (DRL, 2006, S. 95) Der Ursprung der Stoffströme befindet sich bei der Ressourcenentnahme und führt weiter über die Grundstoff- und Weiterverarbeitung bis hin zu Gütern und Dienstleistungen. Diese werden „*von Verbrauchern erworben, benutzt und schließlich zur Entsorgung abgegeben.*“ (Fritsche et al. 2004, S. 3)

Neben den Stoffströmen dient die Nachfrage als weitere Grundlage für die Analyse. Umgelegt auf die Energieproduktion mithilfe des Erneuerbaren Energieträgers Biomasse setzt die Analyse folglich bei der Ermittlung des Strom-, Wärme- und Kraftstoffbedarfs an. Dieser wird schließlich über die verschiedenen Nutzungs- und Umwandlungsstufen bis hin zur Gewinnung der Primärenergie nachverfolgt.

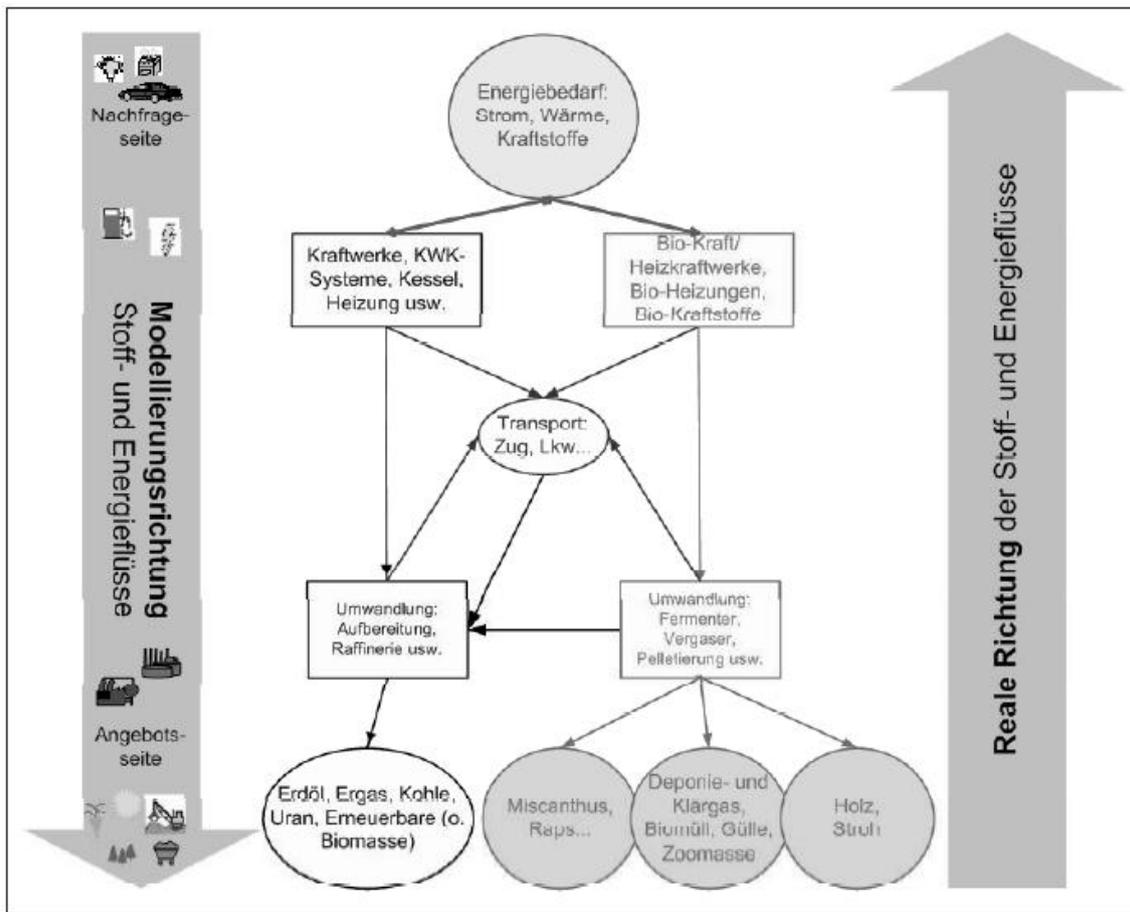
In weiterer Folge „*lässt sich bestimmen, welche Stoffströme und Umweltbelastungen durch die Nachfrage nach bestimmten Produkten und Dienstleistungen unter der Annahme bestimmter Produktionsprozesse ausgelöst werden.*“ (Fritsche et al. 2004, S. 4) Dazu werden Prozessketten erstellt, die alle wesentlichen Produktionsschritte bis zur Quelle quantitativ nachverfolgen.

Eine weitere Besonderheit der Stoffstromanalyse ist die mögliche Anwendung von Szenarien, die mithilfe von wenn-dann-Aussagen mehrere Optionen künftiger Entwicklungen offenhalten. „*Wesentlich ist dabei, dass stets sowohl die Nachfrageseite (Absatzpotenziale) als auch die*

*Bereitstellungsprozesse (Technologien in der Wirtschaft) sowie Ressourcenfragen (Mengen, Begrenzungen) integriert behandelt werden und Effekte im Ausland (Importe) wie auch regionale Besonderheiten berücksichtigt werden können.“ (Fritsche et al. 2004, S. 4)*

Es handelt sich bei der Stoffstromanalyse um ein neues zukunftsfähiges Werkzeug zur Hilfestellung in politischen Entscheidungsfindungsprozessen, das sich durch seine Arbeit mit Prozessketten und somit mit typisierten Daten sowie durch seine Szenario-Annahmen und Zukunftsoffenheit auszeichnet (Fritsche et al. 2004, S. 4).

**Abbildung 7: Schema der Stoffstromanalyse für Biomasse**



Quelle: Fritsche et al. 2004, S. 3.

**Ende des Exkurs: Stoffstromanalyse („Material Flow Analysis“)**

Beim Umgang mit dem Begriff Ökobilanz ist allerdings Vorsicht geboten, denn oftmals wird dieser fälschlicherweise für die Bezeichnung anderer ökologischer Bewertungsinstrumente herangezogen und derer sind es viele. Die Umweltbewertungsinstrumente unterscheiden sich nach Fragestellung, Untersuchungsobjekt und -umfang (Kaltschmitt et al., 1997, S. 63). Die Bewertungen können sich folglich auf eine rein ökologische oder rein ökonomische Basis beschränken, können aber auch sowohl ökologische, als auch ökonomische Gesichtspunkte berücksichtigen. Zusätzlich kann der Begriff Bilanz Verwirrung stiften, denn es handelt sich bei einer Ökobilanz nicht um eine Bilanz in diesem Sinne, sondern um eine Flussrechnung.

In den nachfolgenden beiden Unterkapiteln wird zuerst auf die Energiebilanz näher eingegangen, deren Schwerpunkt auf der ökologischen Bewertung von Energieträgern liegt. Anschließend wird kurz die Umweltgesamtrechnung vorgestellt, welche als Ergänzung zur Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung<sup>5</sup>, sowohl die ökologischen als auch ökonomischen Auswirkungen der verschiedenen Energieträger in die Bewertung miteinbezieht.

### 3.3.2 Energiebilanzen als spezielle Form der Ökobilanzen

#### *Erläuterung der Begrifflichkeit und Ermittlung von Energiebilanzen*

Bei der Energiebilanz handelt es sich um eine spezielle Form der Ökobilanz. Die Aufgabe von Energiebilanzen ist es den investierten Energieaufwand dem gewonnenen Energieertrag gegenüberzustellen und dabei eine Einsicht in den Energiefluss des sozio-ökonomischen Systems zu geben. Energiebilanzen können für ein bestimmtes Gebiet (nationale, aber auch regionale Ebene) durchgeführt werden (Lebensministerium, 2010, S. 17). Folglich kommt es im Rahmen der Erstellung einer Energiebilanz zur Ausweisung von *„Bestandsveränderungen und Energieflüssen aller Energieträger vom Ausgangszustand bis zum Endverbrauch beziehungsweise bis zur Nutzenergie“* (Amt der NÖ Landesregierung, 2010b, S. 13).

Auf Bundesländerebene werden in Österreich Energiebilanzen jeweils für den Zeitraum eines Kalenderjahres erstellt. Hierbei wird eine Unterscheidung zwischen der Energieträgerebene als kleinste Beobachtungseinheit, der vier Energieträgergruppen (Kohle, Öl, Gas, Erneuerbare Energieträger) und der Gesamtsumme vorgenommen (Statistik Austria, 2011, S. 9). Ursprünglich wurden die Energiebilanzen in Österreich zur Darstellung der generellen Situation der Energieversorgung sowie der Rolle der Energieversorgung in der Volkswirtschaft herangezogen (Lebensministerium, 2010, S. 17). In den letzten Jahren unterlagen die Energiebilanzen jedoch einem Anforderungsanstieg und dienen heute *„darüber hinaus dazu, die internationalen Verpflichtungen Österreichs zur Lagerhaltung von Energieträgern (IEA-Vertrag) oder den Anteil der Erneuerbaren Energieträger am Bruttoendenergieverbrauch sowie die Auswirkungen von Fördermaßnahmen (z.B. Förderungen von Solarenergie in Salzburg, KWK- Richtlinie) und politischen Lenkungsmaßnahmen (z.B. Ökostromgesetz) in einem hohen Detaillierungsgrad zu dokumentieren.“* (Statistik Austria, 2011, S. 8) Überdies bilden sie eine der Hauptgrundlagen für die Berechnung der kyotorelevanten, energiebasierten Treibhausgasemissionen in Österreich.

Der Erstellung der Energiebilanz liegen die beiden bedeutenden Aggregate<sup>6</sup> Bruttoinlandsverbrauch (BIV) und Energetischer Endverbrauch (EE) zugrunde. Bei der Berechnung des BIV kann einerseits von einer aufkommensseitigen Betrachtungsweise ausgegangen werden; diese beruht auf der inländischen Erzeugung von Rohenergie, den Salden aus dem Außenhandel und

---

<sup>5</sup> *„Die Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen (VGR) sind ein grundlegendes Instrument für die Analyse der Wirtschaft eines Landes. Als Gesamtrechnung bestehen sie aus einem kohärenten, konsistenten und integrierten System von makroökonomischen Konten und Tabellen. Sie basieren auf international akkordierten Konzepten, Definitionen und Klassifikationen.“* (Statistik Austria, 2010, S. 4)

<sup>6</sup> =eine aus mehreren Einzelwerten zusammengefügte Gesamtgröße.

den Lagerbewegungen. Andererseits ist eine Betrachtung der Verwendungsseite möglich. Verwendungsseitig setzt sich der BIV aus dem Energetischen Endverbrauch, der Differenz von Umwandlungseinsatz und -ausstoß (Umwandlungsverluste) sowie dem Verbrauch des Sektors Energie und dem Nichtenergetischen Verbrauch zusammen (siehe Abbildung 8). Von besonderer Bedeutung ist das BIV infolge der Darstellung für jene Energiemenge, die zur Deckung des Inlandsbedarfs bezogen auf den jeweiligen Zeitraum notwendig war. *„Der BIV ist aber zur isolierten energieträgerspezifischen Analyse nur mit Einschränkungen geeignet. Vereinzelt können hier nämlich negative Werte auftreten, die mit den oben beschriebenen Beziehungen erklärt werden können.“* (Amt der NÖ Landesregierung, 2010b, S. 13f)

**Abbildung 8: Berechnung der Energiebilanz mittels aufkommenseitigem und verwendungsseitigem Bruttoinlandsverbrauch**

<b>Aufkommen</b>	<b>Einsatz</b>
Inländische Erzeugung von Rohenergie	Umwandlungseinsatz
+ Importe Ausland/andere Bundesländer	- Umwandlungsausstoß
+/- Lager	+ Verbrauch des Sektors Energie
- Exporte Ausland/andere Bundesländer	+ Transportverluste
	+ Nichtenergetischer Verbrauch
	+ Energetischer Endverbrauch
<b>= Bruttoinlandsverbrauch</b>	<b>= Bruttoinlandsverbrauch</b>

Quelle: Gesellschaft für Energiewirtschaft, 2010, S. 15.

Das zweite wichtige Aggregat der Energetische Endverbrauch ist bereits im BIV enthalten und kann daher daraus abgeleitet werden. *„Der Energetische Endverbrauch ist jene Energiemenge, die dem Verbraucher für die Umsetzung in Nutzenergie zur Verfügung gestellt wird (Raumheizung, Beleuchtung, Mechanische Arbeit usw.).“* (Amt der NÖ Landesregierung, 2010b, S. 14)

Abschließend muss erwähnt werden, dass eine Erstellung von Energiebilanzen immer mit notwendigen Revisionen verbunden ist. Dies basiert auf der Tatsache, dass die notwendigen Primärdaten unterschiedlichen Quellen entnommen werden, die wiederum unterschiedliche Ziele verfolgen. Somit entstehen unvermeidbare Inkonsistenzen (Amt der NÖ Landesregierung, 2010b, S. 13).

### **Energiebilanzen Erneuerbarer Energieträger**

Für die Beurteilung der Biomasse-Energieträger ist die Energiebilanz eine wichtige Größe. Je nach Energieträger sowie Art des Bereitstellungs- und Energieumwandlungsverfahrens sind große Unterschiede zu verzeichnen. Energieaufwand ist auf jeden Fall hinzuzurechnen für den Anbau, die Konditionierung, die Lagerung und den Transport von Biomasse. Die Stickstoffdüngung beim Anbau stellt mit ca. 50% den größten Aufwand beim Anbau dar (DRL, 2006, S. 22).

Beim Vergleich der Energiebilanzen zwischen den Energieträgern können insbesondere im Bezug auf die Nettoenergieerträge große Unterschiede verzeichnet werden. Aus den einzelnen Energiebilanzen können ähnliche Schlüsse gezogen werden wie bei der ökologischen Analyse. Die Grundaussage lautet daher, dass regenerative Energieträger an Standorten mit bester Eignung angebaut werden sollen und am besten nur wenigen Umwandlungsverfahren unterliegen sollen, da bei jeder Veränderung Verluste auftreten und das Endprodukt somit an Wert verliert (DRL, 2006, S. 22).

### **3.3.3 Umweltgesamtrechnung (UGR)**

#### ***Aufbau und Zweck der Umweltgesamtrechnung***

Die beschriebenen Energiebilanzen (siehe 3.3.2) stellt die Basis der Energiegesamtrechnung dar, welche wiederum Teil der Umweltgesamtrechnung ist. Ausschlaggebend für die Erstellung von Umweltgesamtrechnungen ist die Nutzung von natürlichen Ressourcen, Fläche, Ökosystemen und deren Leistungen bei wirtschaftlichen Aktivitäten, Produktion und Konsum (Umweltgesamtrechnung, 2012b, online). Umweltgesamtrechnungen dienen folglich dazu, die Wechselbeziehungen zwischen Wirtschaft, privatem Haushalt und Umwelt sichtbar zu machen, indem es zu einer Gegenüberstellung von ökologischen (physischen) Daten (z.B. Rohstoff- oder Flächenverbrauch) und ökonomischen (monetären) Daten, wie dem Bruttoinlandsprodukt, kommt (Lebensministerium, 2010, S. 5). Diese Gegenüberstellung erfolgt ebenfalls wie bei den einfachen Ökobilanzen in Form einer Stoffstromanalyse.

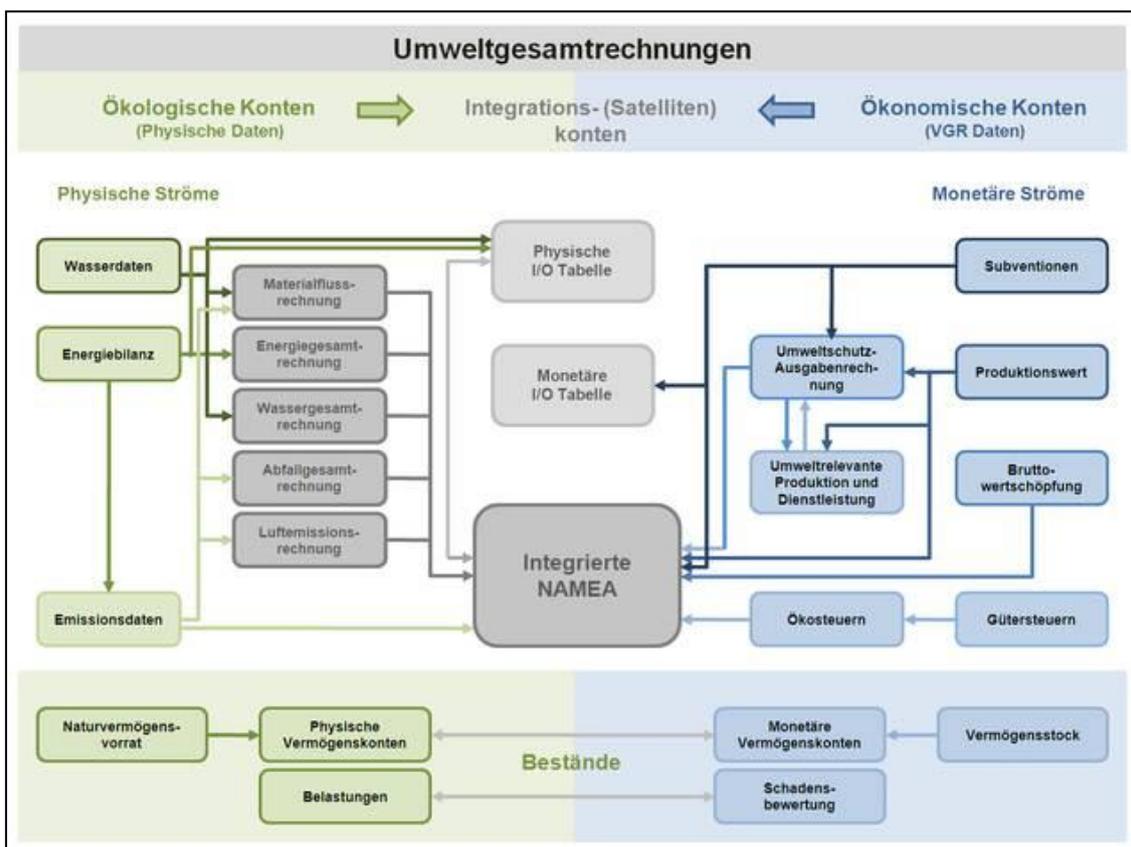
Die Basis der Umweltgesamtrechnung stellen Informationen über den Zustand der Umwelt und über die wichtigsten Entwicklungstendenzen, Einflüsse und Ursachen von Umweltveränderungen dar. Denn einerseits führen die wirtschaftlichen Tätigkeiten zu Abnutzungen und Änderungen des Umweltzustandes bzw. des Naturvermögens und andererseits versucht man durch gezielte Umweltschutzmaßnahmen die negativen Entwicklungen abzuschwächen oder sogar abzuwenden. Von besonderer Bedeutung sind in diesem Zusammenhang die Ökosystemleistungen, auf deren Funktionen und Bedeutung für die Menschen bereits im Kapitel 2.2.2 hingewiesen wurde (Umweltgesamtrechnung, 2012, online).

Der Aufbau der Umweltgesamtrechnung orientiert sich stark an der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung (VGR), denn im Prinzip handelt es sich um eine Ergänzung der VGR um den Produktionsfaktor Umwelt. Zur Einbeziehung des Faktors Umwelt wird dieser mit ökonomischen Größen in Verbindung gesetzt (Lebensministerium, 2010, S. 5).

Die methodische Grundlage zur Erstellung von Umweltgesamtrechnungen bildet das „System of Environmental and Economic Accounting“ (SEEA) der Vereinten Nationen. Dabei handelt es sich um ein integriertes System, welches *„unterschiedliche umweltbezogene Satellitenkonten der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen umfasst.“* (Umweltgesamtrechnung, 2012c, online) In Österreich werden bei der UGR folgende drei Kontenarten berücksichtigt (siehe Abbildung 9):

- *Monetäre Konten:* Sie beschreiben die Auswirkungen der Umweltpolitik auf die Wirtschaft. Interessante Größen sind die Umweltschutzausgaben, die Umweltsteuern und umweltbezogene Abgaben, umweltorientierte Produktion und Dienstleistungen.
- *Physische Konten:* Sie stehen zur Veranschaulichung der Materialflüsse der Gesellschaft vom Produktions- und Konsumprozess zur Verfügung. In gewisser Weise wird der ‚Stoffwechsel‘ der Wirtschaft aufgezeigt. Zu den für die UGR aussagekräftigen Stoffstromanalysen zählen beispielsweise die Materialflussrechnung, die Energiegesamtrechnung, die Wassergesamtrechnung und die Luftemissionsrechnung.
- *Hybride Konten:* Führen die Gegenüberstellung der volkswirtschaftlichen und der umweltrelevanten Daten durch (Umweltgesamtrechnung, 2012c, online).

Abbildung 9: Aufbau der Umweltgesamtrechnung



Quelle: Umweltgesamtrechnung, 2012b, online.

Umweltgesamtrechnungen spielen vor allem im energiepolitischen Zusammenhang eine wichtige Rolle. Die Umwelt wird zu einem relevanten Faktor in der Ökonomie, wodurch der Informationsgrad gegenüber der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung angehoben wird (Lebensministerium, 2010, S. 6).

### **Integrierte NAMEA**

Das Konzept der integrierten NAMEA (National Accounting Matrix Including Environmental Accounts) stellt die Basis der hybriden Konten dar. Es handelt sich dabei um ein mit

umweltrelevanten Daten erweitertes Satellitenkonto der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung. Ziel dabei ist es ökologische und ökonomische Daten einheitlich nach Wirtschaftsbereichen und privaten Haushalten zu gliedern, um sie im nächsten Schritt einander gegenüberstellen zu können (Umweltgesamtrechnung, 2012d, online). Das Ergebnis dieser Gegenüberstellung zeigt schließlich den Zusammenhang zwischen der wirtschaftlichen Entwicklung eines Landes und dem Verbrauch an natürlichen Ressourcen sowie dem Ausmaß an Emissionen.

Während sich die Grundform der NAMEA nur auf einen Umweltfaktor (z.B. Luft oder Wasser) bezieht, berücksichtigt die österreichische integrierte NAMEA jeweils mehrere Aspekte der ökonomischen Konten (den Produktionswert, die Bruttowertschöpfung und die Erwerbstätigen in Vollzeitäquivalenten) und der umweltrelevanten Daten (Materialeinsatz, Energieeinsatz, Luftemissionen, Umweltschutzausgaben, Ökosteuern und Abfälle). Man erhält *„somit eine umfassende Übersicht ökonomischer und umweltrelevanter Aspekte auf der Ebene der Wirtschaftsbereiche und der privaten Haushalte in einem einheitlichen Rahmen.“* (Umweltgesamtrechnung, 2012d, online).

### **3.3.4 Fazit über die Ökobilanzen und die UGR für die Bewertung von Biomasse und deren Einflüsse auf die Leistungen des Teilökosystem Bodens**

Die Ökobilanzen in Form der Energiebilanzen stellen eine gute Möglichkeit dar, die Erneuerbaren Energieträger und hier im speziellen Fall die Biomasseenergieträger auf ihre Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit hin zu überprüfen und zu bewerten. Darüber hinaus können mit ihrer Hilfe auch die Wirkungen aus der ökologischen Analyse quantifiziert werden. Dabei wird bisher allerdings der Schwerpunkt auf die Ermittlung der Energieeffizienz sowie dem veränderten CO<sub>2</sub>-Ausstoß gelegt. Darauf aufbauend kann in weiterer Folge eine ökonomische Bewertung mithilfe von Marktpreisen durchgeführt werden. Noch nicht berücksichtigt werden die nicht-marktfähigen Leistungen des Teilökosystem Bodens.

Ähnliches trifft auch auf die Umweltgesamtrechnung zu. Zwar wird hierbei bereits der Schwerpunkt auf die Untersuchung der Beziehungszusammenhänge zwischen Wirtschaft, Gesellschaft und Umwelt gelegt und sogar Marktbewertungsmethoden zur Ermittlung von Ersatz- oder Vermeidungskosten durch Umweltbelastungen und -schutzmaßnahmen angewandt. Es findet allerdings noch keine Bewertung des grundsätzlichen Vorhandenseins von Ökosystemleistungen statt.

### **3.4 Zusammenfassung und Schlussfolgerung für die weitere Vorgehensweise**

Es gibt eine Vielzahl verschiedener Pflanzenarten, die sich für energetische Nutzung eignen. Sie unterscheiden sich dabei allerdings in ihrer Effizienz. Das bedeutet, dass sie auf einer bestimmten Fläche einen unterschiedlichen Ertrag erbringen, womit wiederum eine unterschiedliche Menge Energie erzeugt werden kann. Daraus ergibt sich schließlich auch, dass nicht jede Pflanzenart für jede Art der Energieerzeugung geeignet ist.

Aufgrund der Gegebenheit, dass vor allem der Anbau der ‚neuen‘ Biomassearten eine große Ähnlichkeit mit der aktuellen Landwirtschaft hat, steht sie auch in Konkurrenz mit ihr. Um den Landwirten aufzuzeigen, welche Art des Biomasseanbaus und welche energetische Nutzungsform für ihre Voraussetzungen am effizientesten sind, gibt es bereits zahlreiche Studien, die sich mit den ökonomischen Auswirkungen der Umstellung auf die Energie-landwirtschaft beschäftigen. Die neuen Nutzungsformen können allerdings gegenüber der ‚normalen‘ landwirtschaftlichen Flächennutzung auch ökologische Veränderungen des Bodens und der Biodiversität hervorrufen. Diese ökologischen Auswirkungen unterscheiden sich wiederum je nach Pflanzenart und Anbauweise.

Ökobilanzen sowie die Umweltgesamtrechnung haben bereits Versuche gestartet, bei der Bewertung der Biomassenutzung zur Energieerzeugung diese ökologischen Auswirkungen gemeinsam mit den ökonomischen zu betrachten. Dennoch berücksichtigen diese Analysen nicht explizit die Auswirkungen auf die Funktionsfähigkeit des Bodens und den Erhalt der Biodiversität. Das Ziel dieser Arbeit ist es jedoch, speziell diese Wirkungen und die damit verbundenen Veränderungen in eine ökonomische Analyse miteinzubeziehen. Welche Möglichkeiten es dafür gibt und welche besondere Stellung die Bodenleistungen aus ökonomischer Sicht dabei haben, wird im anschließenden Kapitel dargestellt.

## **4 Volkswirtschaftliche Bewertungsmethoden zur Klärung der Flächennutzungskonflikte**

Nachdem in den beiden vorangegangenen Kapiteln 2 und 3 die theoretischen Grundlagen zum einen über das Thema Teilökosystem Boden und seine Bedeutung für das menschliche Wohlergehen und zum anderen zur Materie der Energiegewinnung mittels Biomasse und seine ökologischen Auswirkungen erarbeitet wurden, soll nun der letzte theoretische Teil abgehandelt werden, indem nachfolgend die Thematik der Gesamtwirtschaftlichen Wirkungsanalysen erklärt wird.

In weiterer Folge wird noch auf die spezielle Stellung der Bodenleistungen am Markt eingegangen und Bewertungsmethoden vorgestellt, die es ermöglichen, die Ökosystemleistungen des Bodens unter einem ökonomischen Gesichtspunkt zu betrachten.

### **4.1 Gesamtwirtschaftliche Wirkungsanalysen**

Unter dem Begriff der Gesamtwirtschaftlichen Wirkungsanalyse können Methoden zusammengefasst werden, welche sich mit den gesamtwirtschaftlichen Auswirkungen von öffentlichen oder privaten Projekten/ Investitionen beschäftigen. Eingesetzt werden diese Methoden daher folglich als Entscheidungshilfen in Projektprozessen.

Man unterscheidet bei Gesamtwirtschaftlichen Wirtschaftsanalysen zwischen Partialanalysen und Umfassenden Analysen. Partialanalysen beschäftigen sich, wie der Name bereits verrät, nur mit einem Teilbereich der Ursachen-Wirkungs-Zusammenhänge. Es wird nur ein Markt betrachtet und die Annahme getroffen, dass sich nur eine von vielen Variablen ändern kann, während alle anderen Einflussgrößen konstant bleiben. Bei Totalanalysen ist die Betrachtung der Wirkungszusammenhänge sämtlicher Märkte und Produkte von Nöten (enzyklo.de, 2013, online; wikipedia.org, 2013, online).

In weiterer Folge beschränkt sich diese Diplomarbeit auf die vergleichende Kurzvorstellung der vier bekanntesten Partialanalysen in Form der Nutzen-Kosten-Analyse (NKA), der Kosten-Wirksamkeitsanalyse (KWA), der modifizierten Kosten-Wirksamkeitsanalyse (mKWA) und der Nutzwertanalyse (NWA). Es handelt sich bei diesen vier Analysemethoden um die gebräuchlichsten Entscheidungshilfen im Bereich der Umweltökonomie<sup>7</sup>. Häufig werden die NKA, die KWA, die mKWA und die NKA in Österreich derzeit vor allem bei der Bewertung von Verkehrs- und Energieinfrastrukturprojekten eingesetzt.

---

<sup>7</sup> Wirtschaftswissenschaft, welche sich mit den Wechselwirkungen zwischen natürlicher Umwelt und dem ökonomischen System beschäftigt (Umweltlexikon, 2013, online).

### 4.1.1 Kurzvorstellung und Vergleich ausgewählter Wirkungsanalysen

Nachfolgend werden mit Hilfe der Tabelle 5 die bereits genannten vier gesamtwirtschaftlichen Wirkungsanalysen vorgestellt und auf ihre Unterschiede hinsichtlich ihrer Zielsetzungen sowie ihre Vor- und Nachteile untersucht.

Tabelle 5: Vergleich ausgewählter gesamtwirtschaftlicher Wirkungsanalysen

Nutzen-Kosten-Analyse <sup>11</sup>	Kosten-Wirkungsanalyse <sup>10</sup>	Modifizierte Kosten-Wirkungsanalyse <sup>9</sup>	Nutzwertanalyse <sup>8</sup>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Gegenüberstellung von monetarisierten positiven und negativen Effekten öffentlicher Maßnahmen → Gesamtwirtschaft steht im Mittelpunkt</li> <li>Vergleich mehrerer Varianten der Umsetzung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vergleich verschiedener politischer Maßnahmen mit demselben Nutzen</li> <li>Darstellung des Verhältnis der physischen Auswirkungen, also des Nutzens, zu den notwendigen und aufgewendeten Maßnahmenkosten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kombination aus KWA, NWA und NKA</li> <li>hierarchischen Zielsystems woraus operationalisierbare und messbar Zielkriterien abgeleitet werden können → Feststellung der Wirksamkeit, die den Kosten gegenübergestellt werden kann</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ähnlich wie bei KWA</li> <li>Vergleich mehrerer Alternativen der Maßnahmenumsetzung</li> <li>multidimensionale Zielsetzungen der verschiedenen Alternativen wird mit Zielwerten gewichtet und so Teilnutzwerte aggregiert</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Berechnung des Nettos; ist dieser kleiner Null, dann sollte das Projekt nicht umgesetzt werden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Wirksamkeitsanalyse, mithilfe derer die Nutzen auf ihren Zielerreichungsgrad untersucht werden und mithilfe derer die Wahl der geeignetsten Maßnahme getroffen werden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gesamtwirksamkeits-Kosten-Verhältnis (Ergebnis der Gesamtwirksamkeit wird durch die Kosten der Kostenanalyse dividiert)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ermittlung der Gesamtwirksamkeiten (Nutzwert) aus Teilnutzwert der einzelnen Alternativen</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Systemische Identifikation von zu berücksichtigenden Wirkungen</li> <li>Monetarisierung erhöht das Verständnis der Bevölkerung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Analyse auch möglich, wenn Nutzen nicht monetär bewertet werden kann</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>monetär als auch nicht monetär können bewertet werden</li> <li>einfache Handhabung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Keine Monetarisierung der Nutzwerte notwendig → einfache Umsetzung</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Herausforderung der Monetarisierung von Umweltnutzen (subjektive Bewertung)</li> <li>Schwierigkeiten bei der Identifizierung der Nutzen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Schwierigkeit der Definition des Nutzens</li> <li>Nur dann anwendbar, wenn der Nutzen verschiedener alternativer Maßnahmen tatsächlich identisch ist oder zumindest nahe beieinander liegt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>subjektive Bewertung der Zielgewichtung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Festlegung der Mess- und Bewertungsorschriften → subjektive Wertvorstellungen</li> <li>Gefahr des Informationsverlustes</li> </ul>
<b>Ziel</b>	<b>Ergebnis</b>	<b>Vorteil</b>	<b>Nachteil</b>

Quelle: Eigene Darstellung, 2013.

<sup>8</sup> Hanusch, 1987, S. 167; Krames, 1999, o.S.

<sup>9</sup> Döberl et al., 2010, S. 6f, S. 41ff; Hutterer et al., 2000, S. 243.

<sup>10</sup> Hansjürgens et al., 2012, S. 61; Blaas et al., 2012, S. 39.

<sup>11</sup> Hanusch, 2011, S. 1; Meyerhoff, 1988, S. 10; Hansjürgens et al., 2012, S. 58ff.

Nachdem nun die wesentlichen Merkmale der verschiedenen Wirkungsanalysen bekannt sind, besteht die Möglichkeit abzuwägen, welches der Verfahren die Problemstellung am besten lösen kann. Dazu wird zusätzlich ein kurzer Exkurs in die neoklassische Umweltökonomie durchgeführt.

#### **4.1.2 Auswahl der anzuwendenden Methode – Exkurs in die neoklassische Umweltökonomie**

Die Annahme, dass es sich beim „NÖ Energiefahrplan 2030“ um eine öffentliche Maßnahme zum Umweltschutz handelt, sowie die Tatsache, dass es mit seiner Umsetzung zu Einflüssen auf das Umweltgut Boden kommt, lassen weiter schlussfolgern, dass es sinnvoll ist eine ökonomische Bewertung unter den grundlegenden Aspekten der Umweltökonomie durchzuführen.

Als Teil der Wirtschaftswissenschaften beschäftigt sich die Umweltökonomie mit den Wechselbeziehungen zwischen Umwelt und Ökonomie beziehungsweise mit den aus der Wirtschaft abgeleiteten ökologischen Folgen. Das Anliegen der Umweltökonomie ist es, die im Zusammenhang mit dem Verbrauch/der Nutzung natürlicher Ressourcen in Verbindung stehenden Kosten zu internalisieren, d.h. zu bewerten und dem Verursacher zuzurechnen. Man unterscheidet dabei zwischen der Umweltökonomie auf volkswirtschaftlicher und auf betriebswirtschaftlicher Ebene (Umweltgesamtrechnung, 2012e, online). *„Während sich die betriebliche Umweltökonomie mit den Aspekten einer umweltorientierten Unternehmensführung (Umweltmanagement, betrieblicher Umweltschutz,...) beschäftigt, stehen bei der volkswirtschaftlichen Umweltökonomie die Fragen im Vordergrund, was Umweltschutz kostet und was er der Volkswirtschaft bringt. Zentrale Instrumente für eine solche Analyse sind eine umweltökonomisch erweiterte Kosten-Nutzen-Analyse und umweltökonomische Gesamtrechnungen.“* (Umweltgesamtrechnung, 2012e, online)

Diese Definition der volkswirtschaftlichen Umweltökonomie weist bereits darauf hin, dass die Nutzen-Kosten-Analyse für die gegebene Problemstellung sehr geeignet ist. Darüber hinaus kann die Durchführung einer Kosten-Wirksamkeits-Analyse in diesem Fall ausgeschlossen werden, da nur ein politisches Ziel auf seine Kosten und Nutzen untersucht wird. Außerdem ist zu Beginn der Analyse das Ausmaß des Nutzens der politischen Zielsetzung zum Ausbau der Energiegewinnung mittels Biomasse noch ungeklärt. Daraus ist zu schließen, dass neben einer Nutzen-Kosten-Analyse die Anwendung einer Nutzwertanalyse sinnvoll wäre. Allerdings fällt bei einer NWA der Schritt der Monetarisierung weg. Genau diesem Aspekt wird jedoch in dieser Arbeit eine besondere Bedeutung zugeordnet, da es somit sowohl zu einer Sensibilisierung der Bürger, als auch der Verwaltung gegenüber der Bedeutung des Wertes der Natur kommen kann. Eine Anwendung der Nutzwertanalyse ist folglich ebenfalls nicht zielführend für die Erfüllung der Aufgabenstellung dieser Arbeit.

Die Entscheidung fällt daher auf die Anwendung einer ökologisch erweiterten Nutzen-Kosten-Analyse, was bedeutet, dass die traditionelle Variante um die Wirkungen auf die Natur und die

Landschaft erweitert wird. Allerdings kann diese ökologisch erweiterte NKA nur teilweise ausgeführt werden, da keine konkreten Projektkosten bekannt sind und diese somit nicht berücksichtigt werden können. Man kann quasi von einer rein ökologischen Nutzen-Kosten-Analyse sprechen, die innerhalb dieser Arbeit durchgeführt wird. Das erarbeitete Eingabemodell bietet jedoch durchaus die Möglichkeit, die ökologische um die ökonomische Analyse zu erweitern. Die volkswirtschaftlichen Kosten werden über die Ermittlung von Opportunitätskosten angegeben, die volkswirtschaftlichen Nutzen werden über direkte und indirekte Nutzwerte erhoben, welche mithilfe von Marktbewertungsmethoden (siehe Kapitel 4.2.3) beziehungsweise mithilfe von Angaben aus der Literatur monetarisiert werden.

Um die Entscheidung der Durchführung einer Nutzen-Kosten-Analyse noch einmal zu untermauern, werden anschließend noch ein paar Grundsätze der Umweltökonomie näher beschrieben. Dazu zählen das Ökonomische Verhaltensmodell, die Kompensierende und Äquivalente Variation sowie die Ermittlung der volkswirtschaftlichen Nutzen und Kosten.

### **Ökonomisches Verhaltensmodell**

Für die Anwendung einer Nutzen-Kosten-Analyse betrachtet man die Umweltökonomie unter neoklassischen Gesichtspunkten. Das bedeutet, ihr liegt die Wohlfahrtstheorie zu Grunde und sie baut auf der Annahme eines nutzenmaximierenden Individuums auf, das versucht seine Bedürfnisse bestmöglich zu erfüllen (Hackl et al., 1995, S. 1). Zusammen mit weiteren Annahme über das menschliche Verhalten bilden diese Grundannahmen das Ökonomische Verhaltensmodell und dienen darüber hinaus dem Verständnis des ökonomischen Wertbegriffs (Marggraf et al., 2005, S. 66f):

- *„Annahme 1 (Nutzenmaximierung): Die Menschen handeln rational und streben ein größtmögliches Nutzenniveau an.*
- *Annahme 2 (Offene Nutzenfunktionen): Die Interessen der Menschen sind vielfältig und beziehen sich auf Güterbündel, zu deren Komponenten sowohl Marktgüter als auch Güter, die von der öffentlichen Hand sowie der natürlichen Umwelt bereitgestellt werden, gehören.*
- *Annahme 3 (Restriktionen): Das Streben nach Nutzenmaximierung unterliegt objektiven Beschränkungen. Zu den Sachverhalten, die von einzelnen Konsumenten nicht beeinflusst werden können, zählen die Preise der Marktgüter, die Tatsache, dass sie über kein beliebig großes Einkommen verfügen sowie Zustand bzw. Qualität der Nicht-Marktgüter, die von der öffentlichen und der natürlichen Umwelt bereitgestellt werden.*
- *Annahme 4 (Tauschbereitschaft): Der Konsument ist stets bereit, von einem Gut etwas herzugeben, wenn er dafür von einem beliebigen anderen Gut so viel erhält, dass er zwischen dem Güterbündel vor und nach dem Tausch indifferent ist.*
- *Annahme 5 (Abnehmende Tauschbereitschaft): Je größer die bereits konsumierte Menge eines Gutes ist, desto weniger wert ist dem Konsumenten eine weitere Einheit*

*dieses Gutes, d.h. desto kleiner ist die Menge eines (beliebigen) anderen Gutes, die der Konsument bereit ist für eine weitere Einheit des Gutes aufzugeben.*

- *Annahme 6 (Transitivität): Wenn für einen Konsumenten mit Güterbündel 3 ein höheres Nutzenniveau verbunden ist als mit Güterbündel 2 und wenn mit Güterbündel 2 ein höheres Nutzenniveau verbunden ist als mit Güterbündel 1, dann muss mit Güterbündel 3 ein höheres Nutzenniveau verbunden sein als mit Güterbündel 1.“*

**Kompensierende oder Äquivalente Variation im Zusammenhang mit Umweltgütern**

Neben dem ökonomischen Verhaltensmodell zählen die Kompensierende und die Äquivalente Variation zu den speziellen Merkmalen der neoklassischen Theorie. Im Zusammenhang mit der ökonomischen Bewertung von Umweltgütern kommt das Bewertungskonzept der ‚Kompensierenden oder der Äquivalenten Variation‘ dann zum Einsatz, wenn sich entweder eine Umweltverbesserung oder eine Umweltverschlechterung auf das Nutzenniveau einer Person auswirken.

**Abbildung 10: Kompensierende und Äquivalente Variation in Abhängigkeit der Umweltqualität**

Wohlfahrtsmaß	Umweltverbesserung (Erhöhung des Nutzenniveaus)	Umweltverschlechterung (Verringerung des Nutzenniveaus)
Kompensierende Variation	Zahlungsbereitschaft  Was sind Individuen maximal bereit, für eine Verbesserung zu bezahlen?	Entschädigungsforderung  Was verlangen Individuen mindestens, damit eine Verschlechterung ausbleibt?
Äquivalente Variation	Entschädigungsforderung  Was verlangen Individuen mindestens, damit eine Verbesserung ausbleibt?	Zahlungsbereitschaft  Was sind Individuen maximal bereit, für die Verhinderung einer Verschlechterung zu bezahlen?

Quelle: Liebe et al., 2005, S. 6.

Unter den Annahmen des ökonomischen Verhaltensmodells „werden Veränderungen des Nutzenniveaus bei konstantem Einkommen betrachtet“, wobei die Güterbündel aus „frei variierbaren Mengen an privaten Gütern und einer exogen gegebenen Menge an (kollektiven) Umweltgütern zusammengesetzt sind.“ (Liebe et al., 2005, S. 6) Hierbei gilt das Prinzip der Substituierbarkeit zwischen dem in Geldeinheiten dargelegten Nutzenbetrag und der „veränderten Versorgung mit dem jeweiligen öffentlichen Gut.“ (Liebe et al., 2005, S. 6) Sowohl bei einer Umweltverbesserung, als auch bei einer Umweltverschlechterung kann jeweils eine Angabe über die maximale Zahlungsbereitschaft beziehungsweise über die minimale Entschädigungsforderung getätigt werden. Wie sich die Umweltqualität auf die Kompensierende oder Äquivalente Variation auswirkt wird in Abbildung 10 tabellarisch dargestellt.

**Volkswirtschaftliche Nutzen und Kosten**

Bei der Betrachtung der gesamtgesellschaftlichen Ebene (Volkswirtschaft) muss davon ausgegangen werden, dass nicht jeder Bürger dieselben Interessen verfolgt und somit einer

Veränderung der Umweltqualität sowohl einen Nutzen, als auch Kosten zuweisen kann. Mithilfe der Kompensierenden Variation kann bei einer effizienzorientierten Bewertung schließlich der ökonomische Wert der Natur ermittelt werden, indem die relevanten individuellen Kompensationen addiert werden. Genauer gesagt kommt es zu einer Gegenüberstellung der mit einer Umweltveränderung in Verbindung stehenden volkswirtschaftlichen Nutzen (=Summe der maximalen Zahlungsbereitschaft der Individuen) und Kosten (=Summe der minimalen Entschädigungsforderung der Individuen) (Marggraf et al., 2005, S. 79f).

Bei der Durchführung einer Nutzen-Kosten-Analyse im Rahmen der Berücksichtigung der entgegengesetzten Interessen der Bürger wird die Bewertungsrelation der potentiellen Pareto-Verbesserung als Hilfe herangezogen. *„Die Bewertungsrelation der potentiellen PARETO-Verbesserung ist wie folgt definiert: Eine Handlung stellt dann eine (keine) potentielle PARETO-Verbesserung dar, wenn es nach Durchführung dieser Handlung (nicht) möglich ist, dass die Gewinner (=die Personen, die nach der Handlung besser dastehen als vor der Handlung) die Verlierer (=die Personen, die sich durch die Handlung verschlechtern) voll monetär kompensieren können und trotzdem noch besser dastehen als vor der Handlung.“* (Marggraf et al., 2005, S. 81)

#### **Schlussfolgerung für die Anwendung der Nutzen-Kosten-Analyse**

Unter den vereinfachten Annahmen der neoklassischen Theorie ist es möglich, die mit einem Umweltprojekt in Verbindung stehenden Nutzen und Kosten zu ermitteln. In weiterer Folge kann jenes Projekt bestimmt werden, welches den höchsten Nutzen mit sich bringt und gleichzeitig mit den geringsten Kosten verbunden ist. Die Umweltqualität wird als Mitindikator für die Bestimmung der Gesamtwohlfahrt mithilfe von Konsumenten- und Produzentenrenten gesehen. *„Das Umweltproblem reduziert sich“* in diesem Zusammenhang *„gewissermaßen auf die korrekte (empirische) Erfassung von Kosten- und Nutzenkomponenten“* (Hackl et al., 1995, S. 2)

Von besonderer Relevanz ist hierbei die Berücksichtigung der Tatsache, dass der ökonomische Wert der Natur/ Umwelt sich nicht auf den Qualitätsbestand, sondern auf die Qualitätsänderung bezieht. Da sich diese Arbeit auch teilweise als Hilfsmittel für die Bewusstseinsbildung im Bereich des schonenden Umgangs mit der natürlichen Ressource Boden versteht, ist eine Monetarisierung des ökonomischen Wertes der Natur deshalb von Vorteil, weil es sich dabei um eine vertraute Einheit für die Menschen handelt. Geld wird folglich als Vergleichsmaßstab angesehen, mit dessen Unterstützung die unterschiedlichen Werturteile verglichen werden können. Während die Kosten der Bereitstellung öffentlicher Güter/ Umweltgüter meist einfach bestimmt werden können, stellen monetäre Angaben über ihre Nutzenstiftung immer noch große Herausforderungen dar (Marggraf et al., 2005, S. 83).

Trotz der Schwierigkeiten der Angaben der Nutzen in Geldeinheiten nimmt die Anzahl der durchgeführten Nutzen-Kosten-Analysen als Hilfestellung für Entscheidungen vor allem im verkehrs- und energiepolitischen Bereich zu. Dies ist darauf zurückzuführen, dass einerseits auf Seiten der Gesellschaft das Bewusstsein über die Bedeutung öffentlicher Güter ansteigt und

andererseits auf Seiten der Verwaltung die Tendenz zunimmt, ihre politischen Vorschläge mit Zahlen zu legitimieren (Schläpfer et al., 2008, S. 210). Die systemische Identifikation von zu berücksichtigenden Wirkungen kann des Weiteren als ausschlaggebender Vorteil gegenüber den anderen gesamtwirtschaftlichen Wirkungsanalysen bezeichnet werden (Hansjürgens et al., 2012, S. 99).

Um dem Problem der Monetarisierung entgegenzuwirken, wird im nachfolgenden Kapitel 4.2 neben der Klärung der Stellung des Umweltgutes Boden am Markt eine Reihe an Methoden vorgestellt, welche es ermöglichen, in gewisser Weise auch den Nutzen der Ökosystemleistungen zu monetarisieren.

## 4.2 Ökonomische Bewertung der Ökosystemleistungen des Bodens

Im vorangegangenen Kapitel 4.1 wurde die theoretische Grundlage für die Analyse im Allgemeinen geschaffen. Des Öfteren wurde dabei allerdings auch schon auf die besondere Stellung der Umweltgüter am Markt hingewiesen. Diese Thematik soll in diesem Kapitel mit Schwerpunkt auf das Umweltgut Boden noch einmal genauer geschildert werden. Hauptthema dieses Kapitels ist allerdings das Aufzeigen der Möglichkeiten, Ökosystemleistungen ökonomisch zu bewerten. Dabei werden die ökonomischen Bewertungsmethoden als Hilfsmittel zum Bodenschutz und dem Erhalt der Biodiversität gesehen, indem es durch den monetarisierten Wert der bodennahen Ökosystemleistungen zu einer Art Bewusstseinsbildung der Bevölkerung kommen soll.

Bei einer Bewertung dieser Art muss allerdings immer berücksichtigt werden, dass der Natur auf keinen Fall einfach so ein Preisschild aufgedrückt werden kann. Dies ist auch der Grund dafür, dass es nicht möglich ist, von einem Gesamtwert der Natur zu sprechen, sondern im Rahmen einer ökonomischen Bewertung der Schwerpunkt auf der Ermittlung der Veränderung der Qualität der Natur bei verschiedenen Nutzungen liegt (Hansjürgens et al., 2012, S. 3).

### 4.2.1 Boden als ökonomisches Gut

Man unterscheidet grundsätzlich zwischen vier Arten von Wirtschaftsgütern, die sich hinsichtlich ihrer Rivalität und ihrer Ausschließbarkeit im Konsum unterscheiden lassen (siehe Tabelle 6). Eine besondere Stellung nehmen dabei die öffentlichen Güter ein, da sie in ihrer reinen Form in der Realität nur sehr schwer aufzufinden sind. Darüber hinaus sind sie aufgrund des Fehlens eines Marktes sehr stark anfällig für Marktversagen und benötigen deshalb oftmals ein Eingreifen des Staates (Weimann, 2006, S. 133).

**Tabelle 6: Verschiedene Arten von Gütern in Abhängigkeit von Ausschließbarkeit und Rivalität**

	Rivalität gegeben	Keine Rivalität
Ausschließbarkeit	Privates Gut	Clubgut
Keine Ausschließbarkeit	Allmendegut	Öffentliches Gut

Quelle: Eigene Darstellung, 2013, nach Weimann, 2006, S. 133.

Der Boden als Grundfläche an sich ist ein privates Gut. Gekennzeichnet sind private Güter durch eine Rivalität im Konsum sowie eine Ausschließbarkeit des Konsums. Möchte man sich beispielsweise ein Stück Land kaufen, um sich darauf ein Haus zu bauen, dann gibt es mit hoher Wahrscheinlichkeit noch weitere Interessenten für die ausgewählte Fläche. Es besteht folglich eine Konkurrenzsituation gegenüber anderen potentiellen Käufern. Im Falle eines Kaufes ist das Grundstück dann im Eigentum des Käufers, der damit nach seinem Belieben schalten und jeden anderen von der Nutzung ausschließen kann.

Der Preis eines privaten Gutes wird auf dem Markt durch Nachfrage und Angebot gebildet, wobei sich die Höhe des Preises in Bezug zum Gut Boden vor allem aufgrund der Nutzungs-

möglichkeiten (Bauland, Landwirtschaftsfläche, Verkehrsfläche etc.) unterscheidet. Aus dem Bodenpreis kann schließlich der Nutzwert für die Bevölkerung beziehungsweise der Wert als produktive Ressource für Unternehmen abgelesen werden.

Unter der Betrachtung des Bodens, besser gesagt seiner Ökosystemleistungen, als Umweltgut ist dieser wie alle anderen Umweltgüter und somit die Gesamtheit der Natur und Landschaft allerdings als öffentliches Gut zu bezeichnen. Öffentliche Güter kennzeichnen sich anders als das private Gut einerseits durch ihre freie Zugänglichkeit (Nicht-Ausschließbarkeit) sowie andererseits durch ihre Nicht-Beeinträchtigung Anderer in ihren Nutzungsmöglichkeiten (fehlende Konkurrenz) (Kantelhardt et al., 2010, S. 20).

Aufgrund der genannten Charakteristika besteht für öffentliche Güter auch eine spezielle Marktsituation. So gibt es gar keinen beziehungsweise nur einen sehr eingeschränkten Markt für diese Güter. Dies wiederum führt dazu, dass die öffentlichen Güter und damit auch die Umweltgüter über keinen Marktpreis verfügen, das heißt folglich ihr Nutzen nicht ohne weiteres bekannt ist (Kantelhardt et al., 2010, S. 20f). Dementsprechend werden sie vom Staat mehr oder weniger gratis zur Verfügung gestellt. Dies birgt allerdings die Gefahr, dass die öffentlichen Güter beziehungsweise die Umweltgüter übernutzt werden und deren Qualitätszustand somit vermindert wird. Darüber hinaus besteht keine Motivation, die Güter wieder in ihren Ursprungszustand zurückzuführen oder deren Qualität sogar zu verbessern, denn Übernutzungen und andere Eingriffe in die Umweltqualität werden nicht geahndet (Umweltgesamtrechnung, 2012a, online).

Bei der genaueren Betrachtung des Gutes Bodens handelt es sich jedoch nicht nur um ein öffentliches Gut, sondern auch um ein knappes Gut. Das bedeutet, die Ressource Boden kann nicht vermehrt werden. Daher gilt es, Nutzungskonflikte zu vermeiden, in dem die auf die Ressource treffenden Nutzungsinteressen so verteilt werden, dass man schließlich von einer effizienten Verwendung der Ressourcen und Güter sprechen kann. Eine effiziente Verwendung wird wiederum mit einem maximalen Nutzengewinn gleichgesetzt. Daraus folgt, dass die Ressource nur jenen Verwendungen zugeführt wird, welche die geringsten Opportunitätskosten mit sich bringen und infolgedessen ihren größtmöglichen Teil zur gesellschaftlichen Wohlfahrt beitragen (Meyerhoff, 1998, S. 20f).

Um die Opportunitätskosten möglichst gering zu halten ist es Aufgabe jedes einzelnen Individuums, sein Handeln so auszurichten, dass der Nutzen, der aus der Verwendung einer gewissen Ressource entsteht, maximiert wird. Hierbei muss grob zwischen zwei grundlegenden Nutzungsinteressen unterschieden werden:

- Nutzer, die ein wirtschaftliches Interesse am Boden bekunden und
- Schützer, die am naturnahen Zustand des Bodens interessiert sind (Meyerhoff, 1998, S. 21)

Da es sich beim Gut Boden allerdings um ein öffentliches Gut handelt, ist der Nutzen beziehungsweise der Wert des Bodens für die einzelnen Individuen unbekannt. Hier kommt die

Monetarisierung der Ökosystemleistungen des Bodens ins Spiel, wobei nicht die Bewertung an sich im Vordergrund steht, sondern die Ermittlung der Präferenzen der Individuen bezüglich des Erhalts der Bodenfunktionen. Eine bedeutende Rolle spielt hierbei auch die Bewertung veränderter Bodengegebenheiten (Meyerhoff, 1998, S. 22).

In enger Verbindung zu öffentlichen Gütern steht das Phänomen der ‚externen Effekte‘. Unter externen Effekten versteht man im Allgemeinen Eingriffe in die Produktions- oder Konsummöglichkeiten, die nicht in Verbindung mit einer Veränderung des Marktpreises des Gutes stehen. Ursache dafür sind nicht eindeutige Eigentumsverhältnisse sowie das Versagen des Ausschließbarkeitsprinzips (Weimann, 2006, S. 133). Externe Effekte verfälschen daher die Marktsituation, indem bei Allokationsentscheidungen eben nicht alle relevanten Kosten für Produktion und Konsum berücksichtigt werden können. Man muss allerdings zwischen positiven und negativen externen Effekten unterscheiden (Weimann, 2006, S. 134).

Besondere Bedeutung kommt den externen Effekten in Verbindung mit Umweltgütern zu. Als Beispiel sei ein Unternehmen angeführt, das sich in der Nähe eines besiedelten Gebietes niederlässt und durch seine Produktion die Umgebungsluft stark verschmutzt. Da das Unternehmen keine Kosten für das Umweltgut Luft aufbringen muss, ist auch mit keinen Auswirkungen auf den Marktpreis des produzierten Gutes zu rechnen. Das Phänomen der externen Effekte tritt hier zutage. Die Bewohner der angrenzenden Siedlung sind durch die schlechteren Luftverhältnisse in ihrem Konsum eingeschränkt, werden jedoch vom Unternehmen nicht dafür entschädigt. Des Weiteren steigt auch der Preis der Ressource Luft durch zunehmende Knappheit nicht an. Für das Unternehmen ist Luft daher scheinbar unendlich verfügbar, da sie gratis genutzt wird. Dies ist eine der Ursachen, dass Umweltgüter über ihr Maß genutzt werden und ihre Qualität somit gemindert wird (Weimann, 2006, S. 134f).

Bei der näheren Betrachtung des ökonomischen Gutes Boden wird schließlich deutlich, dass die konkret greifbaren Teilbereiche des Bodens am Markt als private Güter gehandelt werden, während die meist abstrakten Leistungen und Funktionen des Bodens in den Bereich der öffentlichen Güter fällt. Die Notwendigkeit der Monetarisierung der Ökosystemleistungen gewinnt daher immer mehr an Bedeutung. Die Bezeichnung dieser Leistungen als ‚öffentliches Gut‘ weist schon auf zwei Annäherungsmethoden zur ökonomischen Bewertung hin: Zum einen besteht die Möglichkeit, den Wert über den erbrachten Nutzen festzustellen und zum anderen können externe Effekte die Basis für die Berechnung des Wertes bilden. Welche verschiedenen Möglichkeiten und Ansätze es zur ökonomischen Bewertung der Ökosystemleistungen des Bodens tatsächlich gibt, wird in den nachfolgenden Kapiteln näher untersucht.

#### **4.2.2 Das Konzept des „Total Economic Value“**

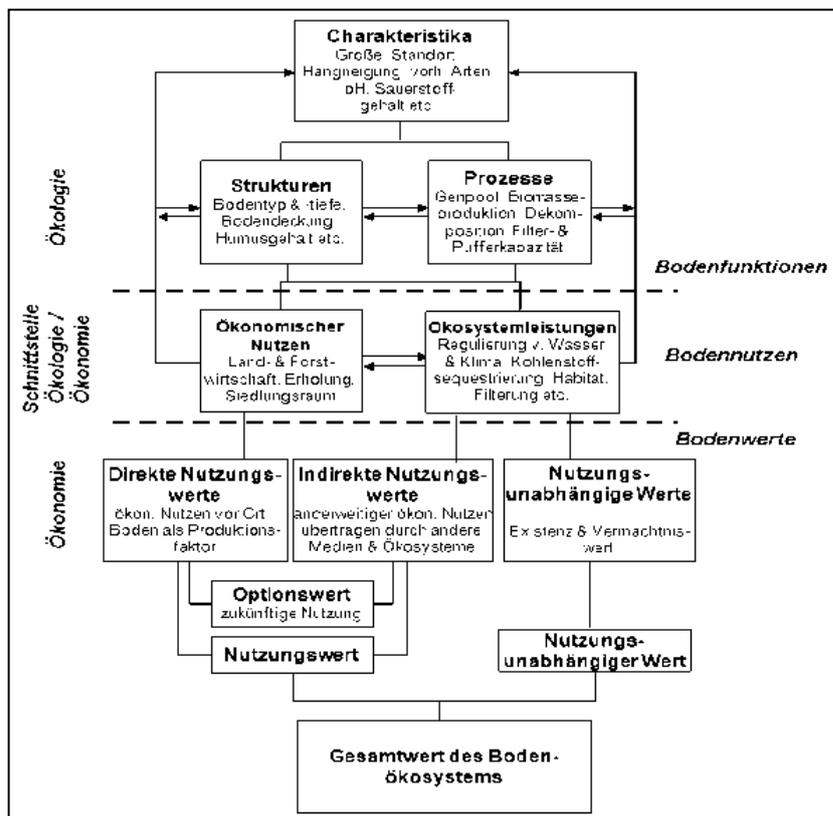
Hinter dem Begriff des ‚Total Economic Value‘ (TEV) verbirgt sich ein Konzept, das auf der Tatsache beruht, dass der ökonomische Wert der Natur, beziehungsweise in diesem speziellen Fall der Wert des Bodens, aus mehreren verschiedenen Komponenten besteht (siehe Abbildung 11). Grund dafür sind die unterschiedlichen Motive der individuellen Wertschätzung

sowie die Berücksichtigung indirekter Nutzen (Meyerhoff, 1998, S. 22f). Der gesamte ökonomische Wert setzt sich schließlich folgendermaßen zusammen:

$$\text{„TEV} = [\text{nutzungsabhängige Werte}] + [\text{nicht-nutzungsabhängige Werte}]$$

$$= [\text{Direkte Werte} + \text{Indirekte Werte} + \text{Optionswert}] + [\text{Existenzwert}]” \text{ (Meyerhoff, 1998, S. 22f)}$$

Abbildung 11: Ökonomischer Nutzen eines Bodenökosystems



Quelle: Gerdes et al., 2010, S. 8 nach Görlach et al., 2004 & Turner et al., 2000.

Die nutzungsabhängigen Werte lassen sich dabei in direkte und indirekte Werte sowie den Optionswert aufteilen. Die direkten Nutzungswerte entstehen sinngemäß aus direkten Interaktionen zwischen Mensch und Ökosystem, während bei indirekten Nutzungswerten eben diese direkte Wechselwirkung fehlt. Sie basieren ausschließlich auf den erbrachten ökologischen Leistungen des Ökosystems (z.B. Wasser- und Klimaregulierung) (Gerdes et al. 2010, S. 8 nach Brouwer et al., 2007). Darüber hinaus gibt es den Optionswert; dieser beschreibt die Absicht der Individuen, sich die Möglichkeit von einer Nutzung Gebrauch zu machen frei zu halten. Dabei bleibt es ungeklärt, ob und wann diese Nutzung stattfinden wird. Es handelt sich dabei um eine Art Versicherungsprämie, die gezahlt wird, um sich alle Möglichkeiten offen zu halten (Meyerhoff, 1998, S. 24).

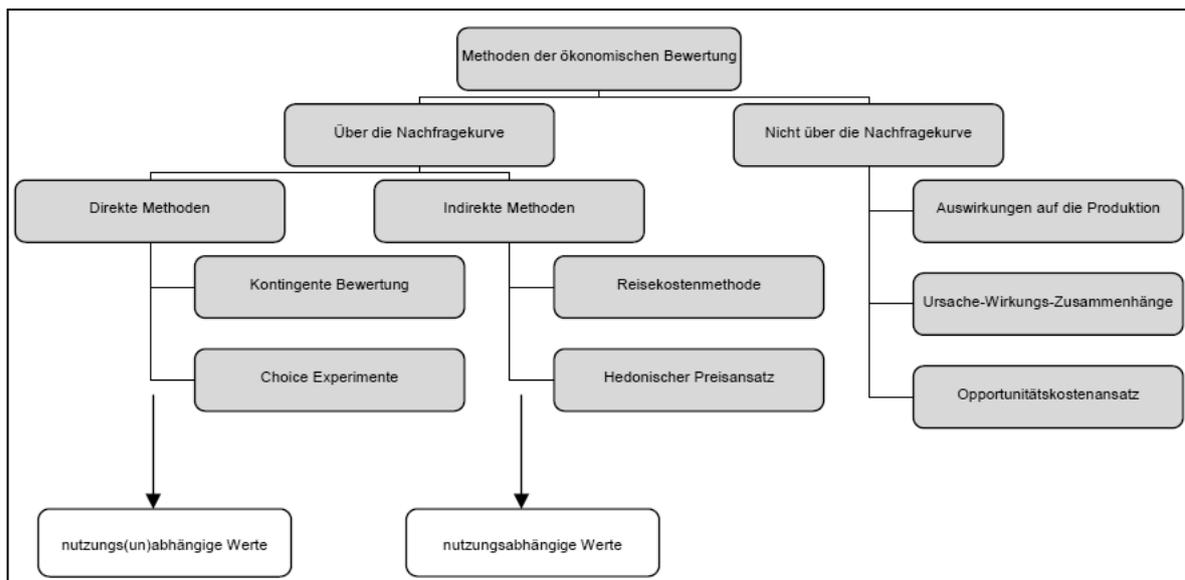
Im Rahmen der nicht-nutzungsabhängigen Werte werden jene berücksichtigt, die ein Mensch einem Ökosystem beimisst, obwohl er das Ökosystem selbst nicht nutzt. Man spricht hierbei auch von einem Existenz- oder Vermächtniswert (Gerdes et al. 2010, S. 8). Einzige Voraus-

setzung für die Berücksichtigung des Existenzwertes ist das Wissen über die Existenz einer Ressource (Meyerhoff, 1998, S. 24).

### 4.2.3 Bewertungsmethoden von Ökosystemleistungen

Man unterscheidet zwei Arten ökonomischer Bewertungsmethoden: einerseits jene, die sich auf Nachfragekurven stützen, andererseits diejenigen, die nicht auf Nachfragekurven zurückgreifen können (siehe Abbildung 12). Letztere sind auch unter dem Begriff der Marktbewertungsmethoden bekannt. Diesen wird unterstellt, dass sie keine ‚wahren‘ Wertinformationen darstellen können; allerdings finden sie traditionell dann Anwendung, wenn Regierungen Kosten und Wirkungen von Umwelteinflüssen und -eingriffen bewerten möchten. Ziel ist es, den durch Umweltregulierungs- und Umwelterhaltungsmaßnahmen verloren gegangenen Marktertrag zu ermitteln. Dieser Kategorie werden beispielsweise der Opportunitätskostenansatz und die Analyse des Ursachen-Wirkungs-Zusammenhangs untergeordnet (Bohne, 2010, S. 8).

Abbildung 12: Methoden der ökonomischen Umweltbewertung



Quelle: Bohne et al., 2008, S. 9 nach Garrod et al., 1999, S. 6.

Bewertungsmethoden, die ihr Bewertungsergebnis auf Nachfragekurven aufbauen, streben weniger danach, den verloren gegangenen Marktertrag zu ermitteln, sondern sehen ihr Ziel darin, den Umweltnutzen und die Nachfrage zu quantifizieren (Bohne, 2010, S. 9). Nachfrage-seitige Bewertungsmethoden basieren im Prinzip auf dem System des ‚Total Economic Value‘ und werden daher in direkte und indirekte Methoden unterteilt. Während sich die direkte Methode auf Informationen über die Wertschätzung der Güter auf verschiedene Befragungstechniken stützt, wird bei indirekten Bewertungsmethoden diese Information indirekt auf dem privaten Markt über das Verhalten der Wirtschaftssubjekte beobachtet (Bohne et al., 2008, S. 8f).

### **Direkte Bewertungsmethoden**

Die direkten Bewertungsmethoden sind auch unter dem Begriff des ‚Revealed Preferences‘-Ansatz bekannt und spielen bei der ökonomischen Bewertung von Natur und Landschaft eine besondere Rolle, da sie auch nutzungsunabhängige Werte ermitteln können. Ein weiterer Vorteil ist die Bezugsmöglichkeit auf zukünftige Entwicklungen, die in weiterer Folge auch bewertet werden können. Sie haben dadurch speziell in der Umweltpolitik einen hohen Stellenwert (Meyerhoff, 1998, S. 34).

Wie bereits erwähnt, kommen die direkten Bewertungsmethoden nicht durch Beobachtungen, sondern durch direkte Befragungen der Individuen über ihre Wertschätzungen zu ihrem Ergebnis. Das Ergebnis setzt sich demnach aus hypothetischen Zahlungsbereitschaften zusammen. Hierbei muss allerdings zwischen zwei Ansätzen unterschieden werden (Meyerhoff, 1998, S. 27f):

- *Ermittlung der maximalen Zahlungsbereitschaft* (Willingness to Pay, WTP): Die Individuen werden vor die Frage gestellt, wie viel sie als potentieller Käufer für ein bestimmtes zur Bewertung stehendes Gut zahlen würden.
- *Ermittlung der minimalen Entschädigungsforderung* (Willingness to Accept, WTA): In diesem Fall sind die befragten Individuen nicht Käufer, sondern Verkäufer eines in ihrem Besitz stehenden Gutes. Ermittelt wird jener Wert, für den die Individuen bereit sind, das Gut zu verkaufen.

Vereinfacht dargestellt geht es im Falle des WTP-Ansatzes um die Feststellung der Zahlungsbereitschaft zur Verbesserung der Umwelt, während im WTA-Ansatz die Verlustbereitschaft durch eine Verschlechterung des Umweltzustandes ermittelt wird. Die Werte können dabei einerseits über die Kontingente Bewertungsmethode oder über Wahlexperimente ermittelt werden, wobei vor allem Erstere bereits weit verbreitet ist. Die beiden Methoden unterscheiden sich lediglich durch die Art der Beantwortung der Fragen. Bei den Wahlexperimenten sind im Gegensatz zur Kontingenten Bewertungsmethode Antwortmöglichkeiten vorgegeben.

### **Indirekte Bewertungsmethoden**

Der Wert der Natur und Landschaft beziehungsweise ihrer Ökosystemleistungen kann des Weiteren auch über die Beobachtung des Zahlungsverhaltens ermittelt werden. Die Herausforderung besteht hierbei darin, das öffentliche Gut mit einem marktfähigen Gut in Verbindung zu bringen und über dieses zweite Gut die Zahlungsbereitschaft für das öffentliche Gut durch Beobachtungen abzuleiten (Meyerhoff, 1998, S. 26; Kantelhardt et al., 2010, S. 21). Man unterscheidet bei den indirekten Methoden zwischen:

- *Reisekostenmethode* (Meyerhoff, 1998, S. 26f): In diesem Zusammenhang kommt es zur Ermittlung der Wertschätzung eines öffentlichen Gutes über die mit seiner Nutzung in Verbindung stehenden Kosten. Es wird die Annahme getroffen, dass der

dem öffentlichen Gut zugeteilte Nutzwert mindestens den benötigten Aufwendungen entspricht. Wäre dies nicht der Fall, dann kommt für das Individuum die Nutzung nicht in Frage. Besonders gerne wird die Reisekostenmethode angewandt, wenn Kosten für die Anreise zu zahlen sind. Am Ende sollte die Möglichkeit bestehen, anhand der beobachteten Werte eine Nachfragefunktion zu erstellen. Die tatsächlichen Kosten sind relativ leicht über bekannte Faktoren wie dem Preis für eine Fahrkarte oder eine Tankfüllung zu berechnen. Allerdings stellt die mit der Reisekostenmethode ermittelte Wertschätzung eine Untergrenze dar. Denn einerseits übersteigt der Nutzen die tatsächlich gezahlten Aufwendungen und andererseits ist „*der ermittelte Nutzen ... positiv abhängig von der Entfernung zum Gebiet*“ (Meyerhoff, 1998, S. 27). Je näher das Erholungsgebiet am Wohnort ist, desto niedriger die Kosten und möglicherweise auch desto höher der Nutzen.

- *Hedonischer Preisansatz (Meyerhoff, 1998, S. 27):* Bei dieser Methode wird der Ansatz vertreten, dass die Individuen ein Gut aufgrund dessen Charakteristika nachfragen. Der Preis eines Gutes entspricht folglich einer Funktion seiner Charakteristika. Dieser Ansatz kommt vor allem im Zusammenhang mit Immobilienpreisen und deren Entwicklung zum Einsatz. Dabei wird untersucht, wie sich veränderte Umweltbelastungen (z.B. veränderte Luft- oder Lärmbelastungen) auf die Miete auswirken. Die größte Herausforderung stellt hierbei die Isolierung der Umweltqualität von anderen Charakteristika der Immobilie dar. Aufgrund dessen und basierend auf der Tatsache, dass dieser Ansatz von relativ perfekten Märkten ausgeht, ist diese Methode nur eingeschränkt nutzbar.

### **Marktbewertungsmethoden**

Hierbei handelt es sich um jene Bewertungsansätze, welche die Werte von Ökosystemleistungen nicht über Nachfragekurven ermitteln, sondern sich an der aktuellen Marktsituation orientieren. Man kann weiters zwischen drei verschiedenen Ansätzen unterscheiden (Hansjürgens et al., 2012, S. 17):

- *Preisbasierte Ansätze:* Die Inwertsetzung von Ökosystemleistungen erfolgt direkt über Marktpreise.
- *Kostenbasierte Ansätze:* Zu diesen Ansätzen zählen die Ersatzkostenmethode und die Vermeidungskostenmethode, auf welche später ausführlicher eingegangen wird.
- *Produktionsfunktionsbasierte Ansätze:* Umwelt wird als Produktionsfaktor bewertet.

Die Bewertung von Ökosystemen mit Hilfe der eben beschriebenen Ansätze sollte allerdings aus ökonomischer Sicht mit Vorsicht genossen werden. Die Methoden unterliegen nämlich erheblichen methodischen Vereinfachungen und verfügen nur unter starken Annahmen über Gültigkeit. Trotzdem finden vor allem die kostenbasierten Ansätze aufgrund ihrer geringen Komplexität im Vergleich zu den bereits beschriebenen direkten und indirekten Bewertungsmethoden in der Praxis recht häufig Anwendung, weshalb diese nachfolgend noch genauer erläutert werden (Gerdes et al., 2010, S. 9).

- *Ersatzkostenmethode*: Es wird die Annahme getroffen, dass Ökosystemleistungen technisch ersetzt werden können, weshalb in weiterer Folge Kostenschätzungen für die Herstellung technisch erbrachter Ökosystemleistungen erfolgen müssen (Hansjürgens et al, 2012, S. 17). In welcher Weise beziehungsweise in welchem Ausmaß die verloren gegangene Ökosystemleistung ersetzt werden muss, ist abhängig von den vorherrschenden Qualitätsstandards. Als Beispiel kann der Verlust an Wasserqualität herangezogen werden. Ist das Ökosystem nicht mehr in der Lage, das Wasser in einem bestimmten Ausmaß zu reinigen, um so eine gewisse Wassergüte zu gewährleisten, dann ist die Durchführung alternativer Maßnahmen notwendig. Die Kosten alternativer Maßnahmen, hier beispielsweise für den Bau einer Kläranlage, werden schließlich zur Bewertung ökologischer Leistungen herangezogen (Hansjürgens et al., 2012, S. 45).

Der Vorteil dieser Methode liegt in der Verdeutlichung der Leistungen der Ökosysteme und in der Hilfestellung bei der Entscheidung, ob diese durch eine technische Methode ersetzt werden können. An ihre Grenzen stößt die Ersatzkostenmethode allerdings dann, wenn nutzungsunabhängige Werte ermittelt werden sollen, beziehungsweise wenn Ökosystemleistungen noch nicht mithilfe technischer Verfahren ersetzt werden können (Hansjürgens et al., 2012, S. 45).

- *Vermeidungskostenmethode*: Dieser Ansatz verfolgt die Methode der Ermittlung jener Kosten, die aufgebracht werden müssten, um Umweltschäden zu bereinigen (Hansjürgens et al, 2012, S. 17). Die Veränderung der Umwelt soll somit vermieden werden. Dabei geht man davon aus, dass sich Umweltgüter durch Marktgüter substituieren lassen. Beispielsweise kann einer Beeinträchtigung durch verschmutztes Trinkwasser mithilfe der Anbringung von Wasserfiltern entgegengewirkt werden. Die Kosten für die Sicherung sauberen Trinkwassers entsprechen in diesem Fall den Kosten des Wasserfilters und seiner Montage. Grundlegende Voraussetzung ist allerdings, dass Marktpreise vorhanden und diese auch bekannt sind. Der Wert der ökologischen Leistung entspricht in weiterer Folge jenen Kosten zur Vermeidung der Umweltschäden (Meyerhoff, 1998, S. 76).

### **Probleme und Grenzen der ökonomischen Bewertungsmethoden**

Nachdem nun hauptsächlich die Möglichkeiten der ökonomischen Bewertungsverfahren aufgezeigt wurden, sollen nun ihre grundlegenden Probleme und Grenzen näher erläutert werden. So birgt bereits die Basis der ökonomischen Bewertung einen Widerspruch in sich, denn der neoklassische Ansatz steht zum einen entgegen der Annahme der Substituierbarkeit und bringt zum anderen ethische Schwierigkeiten (intergenerative Gerechtigkeit; wird nachstehend erklärt) mit sich. Eine weitere große Herausforderung, der sich die Bewertungsansätze stellen müssen, ist die Anforderung der Verdichtung von Informationen. Im Extremfall steht nur eine Messzahl zur Verfügung, auf die das Augenmerk gelegt werden kann. Damit verbunden ist immer ein Verlust an Informationen (Meyerhoff, 1998, S. 28).

Nachfolgend dargestellt sind weitere Probleme und Grenzen, denen die monetären Bewertungsansätze gegenüberstehen (Meyerhoff, 199, S.28ff):

- *Problem der Substituierbarkeit:* Wie bereits angedeutet, stellt die Annahme der Substituierbarkeit, also die Annahme über die Austauschbarkeit von Gütern, ein grundlegendes Problem der monetären Bewertung von Umweltgütern dar. Ursache dafür ist der spezielle Aufbau von Ökosystemen. Ihre Elemente stehen in engem Zusammenhang zueinander und ermöglichen somit die Funktionsfähigkeit der Ökosysteme. Man muss deshalb viel mehr von einer Komplementarität der Güter sprechen.
- *Problem der Konsumentensouveränität:* Durch die Ermittlung der Werte öffentlicher Güter über individuelle Wertschätzungen, kann nur jenen Dingen ein Wert zugeteilt werden, welche auch wirklich Teil der individuellen Nutzenfunktion oder der Produktionsfunktion eines Unternehmens sind.
- *Problem der unvollständigen Information:* Es wird angenommen, dass die Individuen vollständig informiert sind und über alle Geschehnisse am Markt Bescheid wissen. In der Realität gibt es allerdings große Informationsdefizite, d.h. die Individuen kennen das Ausmaß des Einflusses bestimmter Entwicklungen auf ihre Wohlfahrt nicht. Dieses Problem zeigt nicht nur eine Grenze der Monetarisierungsmethoden auf, sondern weist zusätzlich auf die Notwendigkeit hin, den Individuen einen besseren Zugang zu Informationen zu gewährleisten.
- *Intergenerative Verteilung:* Unter dem Begriff der intergenerativen Verteilung wird das Problem der Berücksichtigung der Bedürfnisse zukünftiger Generationen verstanden. Zur Deckung dieser Bedürfnisse benötigt es ebenfalls einer gewissen Menge an natürlichen Ressourcen und diese müssen daher in den Entscheidungsprozess über Nutzungen der gegenwärtigen Generation mit einbezogen werden. Da die Wünsche und Bedürfnisse zukünftiger Generationen allerdings nicht bekannt sind, können sie nur in jener Weise berücksichtigt werden, als dass ihnen keinen Schaden zugefügt wird, den die jetzige Generation selbst nicht erleiden will. Individuelle Präferenzen können folglich durch Interessen späterer Generationen eingeschränkt werden.
- *Intragenerative Verteilung:* Neben den Verteilungsschwierigkeiten zwischen Generationen sind ebenfalls Interessenskonflikte innerhalb von Generationen bekannt. Dabei spielt vor allem die Zahlungsbereitschaft in Abhängigkeit der Zahlungsfähigkeit eine wichtige Rolle. Dies bedeutet schließlich, dass das Einkommen der Haushalte ausschlaggebend ist für die Zahlungsbereitschaft.

Die Auflistung der Probleme und Grenzen der ökonomischen Bewertungsansätze zeigt, dass ihre Ergebnisse im Allgemeinen mit Vorsicht zu genießen sind. Um eine weitere Entscheidungshilfe zu bieten, welche der genannten Methoden im speziellen Fall schließlich angewendet wird, soll mit der nachfolgenden Tabelle 7 ein Überblick über die Vor- und Nachteile der Bewertungsmethoden gegeben werden.

Tabelle 7: Überblick über die Vor- und Nachteile der ökonomischen Bewertungsmethoden

Bewertungsmethoden		Vorteile	Nachteil
Direkte Bewertungsmethode	Maximale Zahlungsbereitschaft (Willingness To Pay)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ermittlung nutzungsunabhängiger Werte</li> <li>• Bezugsmöglichkeit auf zukünftige Entwicklungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hypothetische Zahlungsbereitschaft → Befragte müssen einen Preis für ein bisher kostenloses Gut angeben → Frage der Aussagekraft</li> </ul>
	Minimale Entschädigungsforderung (Willingness To Accept)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Flexibel einsetzbar und auch auf Personen anwendbar, die das zu bewertende Gut gerade nicht nutzen</li> </ul>	
Indirekte Bewertungsmethode	Allgemein	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gemessene Zahlungsbereitschaft beruht auf tatsächlichen Zahlungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nur auf öffentliche Güter mit Nähe zu marktfähigen Gütern anwendbar</li> </ul>
	Reisekostenmethode	<ul style="list-style-type: none"> <li>• einfache Umsetzung, da die tatsächlichen Reisekosten leicht über Marktpreise ermittelt werden können (z.B. Benzinpreis, Fahrkartenpreis, etc.)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorhandensein von Reisekosten als Voraussetzung</li> <li>• Substitutionsmöglichkeiten sind nur schwer zu erfassen und zu berücksichtigen</li> <li>• Reine Ermittlung des Nutzungswertes</li> </ul>
	Hedonischer Preisansatz	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Impliziter Preis jedes beobachtbaren Merkmals jedes Gutes kann bewertet werden, wenn ein Marktpreis vorhanden ist</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Annahme von perfekten Märkten</li> <li>• Schwierigkeit der Isolierung der Umweltqualität von anderen Charakteristika</li> </ul>
Marktbewertungsmethode	Allgemein	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geringe Komplexität durch Vereinfachungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Starke methodische Vereinfachungen → aus ökonomischer Sicht mit Vorsicht zu genießen</li> </ul>
Marktbewertungsmethode	Ersatzkostenmethode	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einfache Kostenabschätzung durch bekannte Marktpreise</li> <li>• Verdeutlichung der Leistung von Ökosystemen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unterschiedliche Ergebnisse des Umweltwertes durch unterschiedliche Qualitätsstandards</li> <li>• Nutzungsunabhängige Werte können nicht ermittelt werden</li> </ul>
	Vermeidungskostenmethode	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einfache Kostenabschätzung durch bekannte Marktpreise</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Umweltgüter sind nicht immer durch Marktgüter substituierbar</li> </ul>

Quelle: Eigene Darstellung, 2012; Meyerhoff, 1998, S. 25-28, 34, 76; Kantelhardt et al., 2010, S.21; Gerdes et al., 2010, S. 9; Hansjürgens et al., 2012, S. 45.

#### 4.2.4 Der TEEB-Ansatz zur Bewertung von Ökosystemleistungen

Nach dem Einblick über die Vielzahl der Bewertungsmethoden soll in diesem Unterkapitel kurz dargelegt werden, wie sich diese in einen gesamtheitlichen Ansatz einbinden lassen können. Hierfür wurde die Studie „The Economics of Ecosystems and Biodiversity“ (TEEB) gewählt, mithilfe derer sehr stark die Verbreitung des Bewusstseins über den Wert der Natur angestrebt wird.

##### **Allgemeine Informationen zur TEEB-Studie**

Ihren Anfang fand die TEEB-Studie im Jahr 2007 durch Anregung der Umweltminister der G8+5-Staaten<sup>12</sup>. Ihr Inhalt beschäftigt sich mit *„dem globalen wirtschaftlichen Nutzen der biologischen Vielfalt und den Kosten des Biodiversitätsverlusts aufgrund unterlassener Schutzmaßnahmen im Vergleich zu den Kosten eines wirkungsvollen Naturschutzes.“* (TEEB, 2010, S. 3)

Im Rahmen der Studie wurden mehrere Berichte verfasst, dazu zählt auch der Synthesebericht *„Die Ökonomie von Ökosystemen und Biodiversität: Die ökonomische Bedeutung der Natur in Entscheidungsprozesse integrieren – Ansatz, Schlussfolgerungen und Empfehlungen von TEEB – eine Synthese“*. Dieser verfolgt das Ziel, das Konzept des TEEB-Ansatzes zu verdeutlichen und zu veranschaulichen. Inhaltlich beschäftigt er sich folglich mit der Bedeutung ökonomischer Konzepte und Instrumente zur Bewertung der Natur und wie diese auf allen Entscheidungsebenen Anwendung finden können. Eine ökonomische Bewertung wird dabei vor allem in jener Hinsicht als notwendig erachtet, um eine beschränkte betriebswirtschaftliche Sichtweise zu korrigieren und zu erweitern. Denn in der Vergangenheit haben überwiegend das Vergessen und die Nicht-Beachtung der Leistungen und dem Wert der Biodiversität *„eine ineffiziente Nutzung oder gar die Vernichtung von Naturkapital – der Grundlage unserer Volkswirtschaften – gefördert.“* (TEEB, 2010, S. 3)

In weiterem Sinne verfolgt die TEEB-Studie das Ziel, eine Verbindung der wissenschaftlichen Betrachtung der Biodiversität mit allen politischen Ebenen sowie der Wirtschaft herzustellen. Die breit angelegte Studie und deren Ergebnisse sollen dabei die Grundlage für die Anwendung im Einzelfall bilden, in dem auch spezifische Empfehlungen erarbeitet werden können (TEEB, 2010, S. 3f).

##### **Inwertsetzung von Natur – Ein schrittweises Vorgehen auf drei Ebenen**

In einem ersten Schritt gilt es der Natur *Wert anzuerkennen*. Die Gesellschaft macht dies bei Natur, Ökosystemen, Landschaften und biologischer Vielfalt meist von sich aus. Diese Wertzuweisung findet vor allem dann großen Anklang und Umsetzung im Bereich des Naturschutzes und des nachhaltigen Umgangs mit der Natur, wenn diese von den Menschen

---

<sup>12</sup> Es handelt sich hierbei um die Mitglieder der Gruppe der Acht (Vereinigte Staaten, Japan, Deutschland, Vereinigtes Königreich, Frankreich, Italien, Kanada und Russland) plus die Gruppe Fünf, die Gruppe der fünf wichtigsten Schwellenländer (Brasilien, Indien, Volksrepublik China, Mexiko und Südafrika), wobei die Bezeichnung als Schwellenland umstritten ist (wikipedia.org, 2012, online).

aufgrund spiritueller und kultureller Bedeutungen getroffen werden und die Bewertungen somit allgemein anerkannt sind (TEEB, 2010, S. 15).

Auch wenn eine Monetarisierung vor allem im Zusammenhang mit kulturellen Werten nicht immer notwendig ist, ist es für Politik und Wirtschaft dennoch häufig sinnvoll, den *Wert zu analysieren und darzustellen (zu quantifizieren)*. Somit kann gewährleistet werden, dass alle auch nicht-marktbezogenen Kosten und Nutzen in Betracht gezogen werden, wenn eine Umwandlung eines Ökosystems geplant ist. Hier kann eine der bereits zahlreich entwickelten ökonomischen Bewertungsmethoden zum Einsatz kommen, um den Wert von Ökosystemleistungen zu quantifizieren. Der Gesamtwert der Ökosysteme kann allerdings damit noch nicht erfasst werden, da diese ihren Schwerpunkt auf die Inwertsetzung einiger weniger Leistungen konzentrieren. Darüber hinaus können mit den derzeit bekannten Methoden noch nicht alle Dienstleistungen der Natur bewertet werden, dennoch sollte versucht werden, möglichst alle Veränderungen zu identifizieren und darzustellen. Von besonderem Interesse für Entscheidungsträger ist auch das Wissen über den Zeitpunkt und den Ort des Eintretens der Veränderung (TEEB, 2010, S. 15f).

Als letzten Schritt gilt es nun, die ermittelten *Werte* in die wirtschaftlichen und politischen Entscheidungen *zu integrieren* und somit zum Beispiel Ökosystemveränderungen durch Preissignale *wirksam zu machen*. Die Zuteilung von Werten zu Naturgütern und Ökosystemleistungen stellt allerdings nicht DIE Lösung dar, genauso wenig wie sie es ermöglicht, alle Ökosystemleistungen zu bewerten und ihnen einen Marktwert zuzuführen. Marktbasierte Methoden zur Bewertung von Ökosystemen sind immer situationsabhängig und müssen im Einzelfall adaptiert werden (TEEB, 2010, S. 16).

Zusammenfassend kann der TEEB-Ansatz als Hilfsmittel dienen, um Grenzen und Risiken sowie die Komplexität der Problemstellung aufzuzeigen. Das bedeutet, er bezieht sich auf die unterschiedlichsten Formen der Wertschätzung und berücksichtigt ebenfalls mehrere Gruppen von Maßnahmen. Auch wenn in manchen Fällen die Quantifizierung und Monetarisierung schwerer umsetzbar ist als in anderen, sollte trotzdem immer der Versuch einer Schätzung getätigt werden. Laut TEEB kann auf eine Bewertung der ökologischen Leistungen nicht mehr verzichtet werden, da es sich dabei um eine Unterschlagung von wertvollem Wissen handeln würde. In der Folge würde es zu immer größeren Verzerrungen der Realität und der tatsächlichen Marktverhältnisse kommen, welche wiederum zu einer Selbstzerstörung der Natur führen würden (TEEB, 2010, S. 17).

### **4.3 Zusammenfassung und Schlussfolgerung für die weitere Vorgehensweise**

Es gibt eine Vielzahl an Möglichkeiten öffentliche Projekte und Investitionen aus volkswirtschaftlicher Sicht zu bewerten. Für die Beantwortung der Forschungsfragen dieser Arbeit fiel die Auswahl auf die Durchführung einer Nutzen-Kosten-Analyse. Damit verbunden sind allerdings Herausforderungen in der Monetarisierung, da das Gut Boden aus umwelt-ökonomischer Sicht betrachtet wird. Das bedeutet, dass seine Ökosystemleistungen im Mittelpunkt der Bewertung stehen. Dabei handelt es sich allerdings um öffentliche Güter, die nicht über Marktpreise verfügen und ihr Wert deshalb über Umwege ermittelt werden muss.

Aufgrund der Tatsache, dass keine unmittelbaren Projektkosten für die Umsetzung der Zielsetzungen des „NÖ Energiefahrplan 2030“ bekannt sind, liegt der Schwerpunkt der Analyse auf der Ermittlung der Kosten und Nutzen der ökologischen Auswirkungen. Für die weitere Vorgehensweise bedeutet dies, dass der Rahmen einer Nutzen-Kosten-Analyse herangezogen wird, um den ökologisch erweiterten Part der Analyse durchzuführen. Diese Teilanalyse ist schließlich der Mittelpunkt des nachfolgenden Kapitels.

## 5 Nutzen-Kosten-Analyse der Umsetzung des „NÖ Energiefahrplans 2030“ im Bereich Biomasse

Es wird die Annahme getroffen, dass der „NÖ Energiefahrplan 2030“ umgesetzt wird und die mit der Verwirklichung in Verbindung stehenden festgestellten ökologischen Auswirkungen mittels einer Nutzen-Kosten-Analyse (NKA) auf ihre volkswirtschaftlichen Auswirkungen untersucht werden. Der Schwerpunkt liegt aufgrund dessen auf der ökonomischen Bewertung der Ökosystemleistungen des Bodens. In weiterer Folge bedeutet dies, dass nur ein Teilbereich einer NKA tatsächlich durchgeführt wird. Dies wird dadurch begründet, dass keine Investitionskosten bekannt sind. Das dabei entstehende Eingabemodell kann allerdings bei konkreteren Zielsetzungen herangezogen, an die jeweiligen Rahmenbedingungen angepasst und durch weitere Faktoren ergänzt werden.

Das Ergebnis dieses Kapitels, besser gesagt der Analyse, welche in diesem Kapitel durchgeführt wird, gibt schließlich, nach einer genauen Untersuchung der Bodenfunktionen der unterschiedlichen Landnutzungen und der Ermittlung der Veränderung der Bodenfunktionen bei einem Biomasseanbau zur energetischen Nutzung, Auskunft über die jeweiligen volkswirtschaftlichen Nutzwerte der verschiedenen Ökosystemleistungen sowie über die mit der Umsetzung in Verbindung stehenden Opportunitäts- beziehungsweise Erhaltungskosten. Aus diesen Werten kann schließlich abgeleitet werden, welche der Szenarien der Umsetzungen den größten volkswirtschaftlichen Nutzen mit sich bringt.

Um ein besseres Verständnis für den Aufbau des Kapitels und die Schritte der Analyse zu bekommen, wird anschließend noch einmal kurz der Aufbau einer Nutzen-Kosten-Analyse detaillierter geschildert.

### 5.1 Aufbau einer Nutzen-Kosten-Analyse (NKA)

Bei der Anwendung der NKA ist es wichtig, auf die Einhaltung der Reihenfolge der einzelnen Schritte zur Erstellung einer NKA zu achten. Es handelt sich hierbei nämlich um einen Prozess, dessen Ablauf sich im Rahmen der Ermittlung der Auswirkungen auf die Ökosystemleistungen eines Projekts folgendermaßen zusammensetzen könnte (Hansjürgens et al., 2012, S. 59f; Hanusch, 2011, S. 7-14):

- (1) *Abgrenzung des Untersuchungsraumes sowie der Stakeholder einer konkreten politischen Maßnahme:* Es können erste Anhaltspunkte geliefert werden, wie sich die Nutzen und Kosten auf den betroffenen Personenkreis verteilen.
- (2) *Formulierung und Vorauswahl von Alternativen:* Im Rahmen politischer Entscheidungsprozesse werden meistens mehrere Alternativen zur Maßnahmenumsetzung dargeboten. Es gilt, den Nettonutzen jeder einzelnen Methode zu bestimmen und diese miteinander zu vergleichen. Sollten keine Alternativen vorge-

geben sein, können diese unter Berücksichtigung der Projektwünsche selbst aufgestellt werden. Die Anzahl der Alternativen ist dabei gering zu halten (maximal sechs).

- (3) *Identifizierung der von einem Ökosystem ausgehenden Nutzenstiftungen, d.h. der ökonomisch relevanten Ökosystemleistungen („Mengengerüst“):* Das Konzept des ökonomischen Gesamtwertes („Total Economic Value“) kann hierbei als Hilfe herangezogen werden, um das Mengengerüst des Umweltgutes Boden zu erfassen. Im gleichen Schritt sollten bereits ebenfalls die positiven und negativen Wirkungen bestimmt werden.
- (4) *Monetäre Bewertung der relevanten Wirkungen:* Mit Hilfe der Monetarisierung der einzelnen Wirkungen können diese schließlich miteinander verglichen werden. Dabei sollte, wenn möglich, auf Marktpreise zurückgegriffen werden. Die Monetarisierung öffentlicher Güter, für die aufgrund ihrer Nicht-Ausschließbarkeit im Konsum und der nicht vorhandenen Konsumrivalität kein Marktpreis besteht, erfolgt über indirekte oder direkte Bewertungsmethoden.
- (5) *Abdiskontierung zukünftiger Nutzen und Kosten:* Die Tatsache, dass die Nutzen und Kosten einer Maßnahme nicht immer sofort eintreten, sondern sich auch auf zukünftige Entwicklungen auswirken, macht es notwendig, dass diese auf den Gegenwartszeitpunkt abdiskontiert (abgezinst) werden. Dabei stellt vor allem die Festlegung des Diskontierungsfaktors eine Schwierigkeit dar.
- (6) *Ermittlung des Nettonutzens:* Hier kommt es zur Anwendung der Formel 1. Bei mehreren Varianten ist jene umzusetzen, welche den größten Nettonutzen aufweist.
- (7) *Sensitivitätsanalyse:* Mit der Sensitivitätsanalyse wird versucht, gewisse Unsicherheiten zu bereinigen, indem das Gesamtergebnis auf seine Sensitivität bezüglich der Veränderung einzelner Parameter untersucht wird.

Am Ende einer Nutzen-Kosten-Analyse sollten schließlich alle Auswirkungen in Form von monetären Größen erfasst worden sein (Hanusch, 2011, S. 1; Meyerhoff, 1998, S. 10).

Inwiefern das Projekt schließlich einen positiven oder negativen gesamtwirtschaftlichen Effekt mit sich bringt, wird, wie bereits angedeutet, mit der Berechnung des Nettonutzens in Erfahrung gebracht. Der Nettonutzen lässt sich dabei über folgende Entscheidungsformel berechnen (Meyerhoff, 1998, S. 10):

**Formel 1: Ermittlung des Nettonutzens im Rahmen einer NKA**

$$\sum_{i=1}^t (B_i - C_i) \times (1 + r)^{-i} > 0$$

Quelle: Meyerhoff, 1998, S. 10.

B entspricht hierbei dem Nutzen, der durch die Projektumsetzung entsteht, während C die Kosten der Projektrealisierung anzeigt. Weiters stellt t das jeweilige Jahr dar, mit r wird schließlich die Diskontrate ausgedrückt. Es gilt: Ist die diskontierte Summe aus der Differenz

von Nutzen und Kosten kleiner als 0, dann hat das Projekt einen negativen gesellschaftlichen Effekt und sollte daher nicht umgesetzt werden (Meyerhoff, 1998, S. 10).

Die Schilderung des Prozessablaufs zeigt sehr gut, dass eine NKA weit über die reine Aufgabe der Monetarisierung hinausgeht. Dennoch wird sie oftmals nur auf diesen Teilabschnitt reduziert, möglicherweise deshalb, da im Bereich der Monetarisierung noch große Herausforderungen bestehen. Die Schwierigkeit stellt dabei überwiegend die Erfassung des Nutzens von Maßnahmen und Umweltveränderung in Geldeinheiten dar. Dies ergibt sich daraus, dass der Nutzen sehr vielfältig sein kann und unter anderem auch erst in entfernter Zukunft auftreten kann. Ein weiteres Manko sind die eigentlich zur Hilfe herangezogenen ökonomischen Bewertungsmethoden, welche jedoch selbst nicht frei von Schwierigkeiten sind. Die Kosten für gewisse Maßnahmen und Umweltveränderungen lassen sich hingegen vergleichsweise leicht erfassen (Hansjürgens et al., 2012, S. 58ff).

## 5.2 Ausgangslage und Zielsetzungen

Vor Beginn der Nutzen-Kosten-Analyse wird es als sinnvoll erachtet, einen kurzen Überblick über die Verteilung der Bodennutzungen des Untersuchungsraums und die aktuelle Situation der Energieversorgung zu geben, um somit die räumlichen, zeitlichen und sachlichen Grenzen der Analyse abzustecken.

### 5.2.1 Aktuelle Situation der land- und forstwirtschaftlichen Bodennutzung in NÖ

Das Bundesland Niederösterreich umfasst insgesamt eine Fläche von ca. 19.200 km<sup>2</sup>. Bei der Untersuchung der Boden- beziehungsweise Flächennutzung stechen dabei vor allem die landwirtschaftliche Nutzung der Bodenflächen sowie die Anzahl der Waldflächen heraus. Diese nehmen insgesamt 88,3% (landwirtschaftliche Nutzung 48,7% und Waldflächen 39,6%) der Fläche in Anspruch. Für den weiteren Verlauf erfolgt eine Beschränkung auf diese beiden Flächennutzungsarten, da ebendiese einen guten Ausgangspunkt für den Biomasseanbau bieten (Amt der NÖ Landesregierung, 2012a, online nach Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen & Statistik Austria, 2012).

Abbildung 13: Anteil der verschiedenen Katasterflächen an der Gesamtfläche in Niederösterreich

	NÖ insgesamt	Baufläche	landw. Nutzung	Gärten	Wein-gärten	Alpen	Wald	Gewässer	Sonstige Fläche
Fläche in Hektar	1.918.626,5	18.383,6	934.277,2	48.886,3	30.462,7	3.705,8	759.968,9	26.913,8	96.028,3
Anteil an der Gesamtfläche	100%	1,0%	48,7%	2,5%	1,6%	0,2%	39,6%	1,4%	5,0%

Quelle: Amt der NÖ Landesregierung, 2012a, online nach Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen & Statistik Austria, 2012

Unter dem Begriff der landwirtschaftlich genutzten Flächen werden Ackerflächen und Grünlandflächen zusammengefasst, wobei sich das Grünland weiter in extensiv genutztes Grünland (Almen und Bergmähder, Einmähdige Wiesen sowie Dauerweiden und Hutweiden) und Wirtschaftsgrünland (Mehrjährige Wiesen) unterscheiden lässt. Die in Abbildung 14 dargestellte Flächenentwicklung verschiedener Kulturarten in Niederösterreich zeigt eine deutliche Abnahme der landwirtschaftlich genutzten Flächen. Der Rückgang ist dabei vor allem bei den Grünlandflächen und hier speziell bei den Einmähdigen Wiesen sowie den Almen und Bergmahden zu verzeichnen. Insgesamt wurden im Jahr 2010 in etwa 692.000 ha Ackerfläche, 160.700 ha Wirtschaftsgrünland und 25.700 ha extensives Grünland bewirtschaftet.

Die Entwicklung der forstwirtschaftlich genutzten Flächen sowie die Entwicklung der Waldflächen verläuft hingegen positiv. Im Zeitraum von 1999 bis ins Jahr 2010 kam es zu einem Anstieg der forstwirtschaftlich genutzten Fläche um 20.000 ha. Im Jahr 2010 wurde daher eine Gesamtfläche von 695.000 ha forstwirtschaftlich genutzt, das entspricht bei einer gesamten Waldfläche von 764.000 ha einem Anteil von etwas mehr als 90 Prozent.

**Abbildung 14: Entwicklung der Kulturarten in Niederösterreich von 1999 bis 2010 (Angaben in ha)**

Kulturarten	1999	2003	2007	2010
Ackerland	700.367	697.422	694.350	692.121
Mehrmähdige Wiesen <sup>1)</sup>	165.567	165.318	158.322	154.259
Einmähdige Wiesen	9.840	11.143	7.473	6.424
Dauerweiden und Hutweiden	21.810	27.882	14.751	20.363
Almen und Bergmäher	10.787	7.119	7.780	5.319
Haus- und Nutzgärten	2.172	1.951	1.227	655
Weingärten	31.425	29.017	31.078	28.324
Obstanlagen und Baumschulen	3.119	2.949	2.912	2.469
<b>Landw. gen. Fläche</b>	<b>941.717</b>	<b>942.831</b>	<b>918.595</b>	<b>911.964</b>
<b>Forstw. gen. Fläche</b>	<b>672.473</b>	<b>635.174</b>	<b>680.902</b>	<b>695.927</b>
<b>Sonstige Fläche</b>	<b>66.974</b>	<b>49.553</b>	<b>50.853</b>	<b>42.770</b>
<b>Gesamtfläche</b>	<b>1,681.164</b>	<b>1,627.558</b>	<b>1,650.350</b>	<b>1,650.661</b>

<sup>1)</sup>inkl. Streuwiesen

Quelle: Amt der NÖ Landesregierung, 2011a, S. 16.

Im Hinblick auf die Nutzung und den Ausbau von Biomasse für die Energieerzeugung kann darüber hinaus bereits die Schlussfolgerung gezogen werden, dass mit einer insgesamt bewirtschafteten Fläche von 1,65 Mio. ha genügend Flächen zur Umnutzung zur Verfügung stehen würden. Allerdings zeigt die Analyse auch, dass bereits über zwei Drittel der Gesamtfläche Niederösterreichs in irgendeiner Art und Weise bewirtschaftet werden und somit bereits starke Eingriffe des Menschen in die Ökosystemleistungen bestehen. Deswegen wird schon jetzt die Empfehlung ausgesprochen, eine Ausweitung der genutzten Flächen zu vermeiden und den zusätzlichen Biomasseanbau auf bereits genutzten Flächen anzusiedeln. Es wird insbesondere vermutet, dass ungenutzte Flächen zurzeit hauptsächlich in nicht bewirtschafteten Teilen von Schutzgebieten vorzufinden sind und somit eine Neunutzung mit starken Eingriffen in die Ökologie verbunden ist. Darüber hinaus wird angenommen, dass bereits genutzte (=bewirtschaftete) Flächen durch den Umstieg auf Biomasseanbau aus ökologischer Sicht mit der richtigen Bewirtschaftungsform sogar profitieren könnten. In diesem Fall müsste es allerdings zu einer genauen Untersuchung der betroffenen Standorte kommen, um feststellen zu können, ob eine Umnutzung tatsächlich zu einer ökologischen Verbesserung des Bodens führt. Darüber hinaus sind neben den ökologischen Auswirkungen auch die ökonomischen Folgewirkungen zu berücksichtigen.

### 5.2.2 Ökologisch wertvolle Flächen (Schutzgebiete)

In Niederösterreich sind aufgrund der Festlegung im NÖ Naturschutzgesetz 2000 folgende sechs Schutzgebietskategorien vorzufinden: Landschaftsschutzgebiet, Europaschutzgebiet (Natura 2000 FFH- und Vogelschutzgebiete), Naturschutzgebiet, Naturdenkmal, Naturpark und Nationalpark. Darüber hinaus sind auf Basis der internationalen Ramsar<sup>13</sup>-Konvention zwei Ramsar-Gebiete ausgewiesen worden. Eine Besonderheit ist des Weiteren das Wildnisgebiet

<sup>13</sup> „Die Ramsar-Konvention ist das ‚Übereinkommen über Feuchtgebiete, insbesondere als Lebensraum für Wasser- und Watvögel, von internationaler Bedeutung‘. ... Die Ramsar-Konvention, die von 160 Staaten unterzeichnet wurde, feierte als eine der ältesten Naturschutzkonventionen 2011 ihren 40. Geburtstag.“ (Lebensministerium, 2012, online)

Dürrenstein, welches seit der letzten Eiszeit keinen menschlichen Eingriffen mehr ausgesetzt war.

Insgesamt gibt es in Niederösterreich 168 Schutzgebiete, die sich allerdings teilweise überschneiden, wodurch in bestimmten Gebieten mehrere Schutzziele verfolgt werden. Flächenmäßig am weitesten verbreitet ist die Kategorie der Landschaftsschutzgebiete (siehe Tabelle 8). Weiters nehmen die beiden Natura 2000-Schutzgebiete große Flächen in Anspruch. Unter Berücksichtigung der Überlappungen beläuft sich die Gesamtfläche der Schutzgebiete auf etwa 612.000 ha. Dies entspricht einem Anteil von 32% an der Gesamtfläche Niederösterreichs (Amt der NÖ Landesregierung, 2009, S. 103ff).

**Tabelle 8: Schutzgebiete in Niederösterreich**

Schutzgebietkategorie	Anzahl der Gebiete	Gesamtfläche
Naturschutzgebiet	68	134 km <sup>2</sup>
Landschaftsschutzgebiet	29	4.168 km <sup>2</sup>
Naturpark	23	555 km <sup>2</sup>
Natura 2000 Vogelschutzgebiet	20	3.287 km <sup>2</sup>
Natura 2000 FFH-Gebiet	23	2.783 km <sup>2</sup>
Nationalpark	2	84 km <sup>2</sup>
Ramsar-Gebiet	2	515 km <sup>2</sup>
Wildnisgebiet	1	23 km <sup>2</sup>

Quelle: Eigene Darstellung, 2013; Umweltgemeindeservice, 2012, online.

### 5.2.3 Aktuelle Energieversorgung

Im Jahr 2010 wurden in Niederösterreich insgesamt fast 50.000 GWh Rohenergie erzeugt. Die Erneuerbaren Energieträger nahmen dabei bereits einen Anteil von 45,4% in Anspruch, wobei auf die Energieerzeugung aus Biomasse (Holz und biogene Brenn- und Treibstoffe) ca. 27,5% entfallen. Dieser hohe Anteil ergibt sich aus den zahlreichen Bestrebungen des letzten Jahrzehnts und den hohen Zielsetzungen für die weitere Entwicklung im Bereich der Erneuerbaren Energie. Insgesamt beläuft sich der Energetische Endverbrauch in Niederösterreich im Jahr 2011 auf 68.284 GWh, wobei davon 13,4% von Erneuerbaren Energieträgern abgedeckt wird (Amt der NÖ Landesregierung, 2011b, S. 19ff).

Im Bereich der energetischen Nutzung von Holz standen im Jahr 2011 1,43 Mio. Erntefestmeter zur Verfügung. Dies entspricht einer Zunahme von 8,6% im Vergleich zum Vorjahr. Verwertet wird das Holz dabei vor allem in der Wärmeerzeugung in Stückholzkesseln, über Pelletsfeuerung sowie über Hackgut- und Rindenfeuerung. Insgesamt wird somit eine Leistung von 213,4 MW erzeugt (Amt der NÖ Landesregierung, 2011b, S. 44-48). Des Weiteren werden mittels natürlicher Ressourcen 555 Biomasse-Fernwärme-Anlagen und 31 Biomasse Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen betrieben. Zur Aufrechterhaltung des Betriebs werden ca. 5,4 Mio. SRM (Schüttraummeter) Waldhackgut und 14.400 Tonnen Stroh benötigt. Davon werden 4,1 Mio. SRM und 14.200 Tonnen Stroh aus der heimischen Land- und Forstwirtschaft geliefert, wodurch in etwa insgesamt eine Fläche von 210.000 ha (davon ca. 3.000 ha für die Stroh-

produktion) für die Energieproduktion in Anspruch genommen werden (Eigene Berechnungen, 2013, nach KTBL, 2013, online, eta Holzlogistik, 2013, online und Biomasseverband OÖ, 2013, online).

Die weitere Biomassenutzung entfällt auf die Umwandlung zu Biogas. Die im Biogas enthaltene Energie wird zu 40% in Strom umgewandelt, der Rest verwandelt sich zu Wärme und kann als Abwärme genutzt werden. Derzeit werden in Niederösterreich mithilfe der Energielandwirtschaft 102 Biogasanlagen betrieben. Davon werden 90 mit nachwachsenden Rohstoffen (NAWARO) und 12 mit biogenen Abfallprodukten betrieben. Mit den NAWARO-Anlagen können „durchschnittlich 117.236 Tonnen Gülle und Mist sowie ca. 365.838 Tonnen Silage und weitere landwirtschaftliche Stoffe aus der Urproduktion verarbeitet werden. Daraus ergibt sich eine durchschnittliche Bindung von ca. 17.000 ha an landwirtschaftlicher Nutzfläche für die Energieumwandlung aus diesen Rohstoffen.“ (Amt der NÖ Landesregierung, 2011a, S. 51)

#### 5.2.4 Angestrebte Entwicklung der Biomassenutzung in Niederösterreich

Mit dem „NÖ Energiefahrplan 2030“ legt das Land Niederösterreich seinen Weg zur Energieproduktion und -nutzung ohne die Verwendung fossiler Energieträger fest. Es wird die Entwicklung eines nachhaltigen Systems angestrebt, welches den Grundsatz „erneuerbar – regional – unabhängig“ verfolgt (Amt der NÖ Landesregierung, 2010a, S. 4). Der niederösterreichischen Energierevolution liegen dabei folgende drei Säulen zugrunde (Amt der NÖ Landesregierung, 2010a, S. 5):

- *„Mehr Sicherheit durch mehr Unabhängigkeit,*
- *Bessere Wettbewerbsfähigkeit durch mehr Innovation,*
- *Höhere Lebensqualität durch nachhaltigen Lebensstil.“*

Zur Stabilisierung dieser Säulen bedarf es in erster Linie einer Einsparung der Energie sowie der Steigerung der Energieeffizienz. Der Ausbau von erneuerbaren Energieträgern sollte als unterstützender Zusatz angesehen werden.

**Tabelle 9: Quantitative Ziele für Energie aus Biomasse (Endenergie in GWh) – Gesamtmenge an produzierter Energie durch Biomassenutzung im Vergleich zum Jahr 2009**

	2009	2015	2020	2030
<b>Strom</b>	1.000	1.100	1.300	
<b>Wärme</b>	8.800		9.500	
<b>Treibstoffe</b>	1.200		1.700	
<b>Summe</b>	11.000		12.500	13.200

Quelle: Amt der NÖ Landesregierung, 2010a, S. 20.

Der Ausbau der Biomassenutzung sollte sich deshalb in den nächsten zehn bis zwanzig Jahren auf den Ersatz fossiler Energieträger im Bereich der häuslichen Wärmeerzeugung beschränken.

Folglich wird der Anbau von holzartigen Energieträgern bevorzugt. Dennoch werden *„die bis 2020 zusätzlich benötigten Bioenergiemengen je zur Hälfte aus dem Forst und aus der Landwirtschaft kommen.“* (Amt der NÖ Landesregierung, 2010a, S. 20) Die in Tabelle 9 dargestellten quantitativen Ziele zur Energiegewinnung aus Biomasse zeigen einen gewünschten Zuwachs an Endenergie bis ins Jahr 2020 von 1.400 GWh. In den darauffolgenden 10 Jahren soll ein weiterer Anstieg der Endenergie aus Biomasse um 700 GWh erzielt werden.

Aus langfristiger Sicht wird durch die verbesserte Gebäudequalität und dem damit sinkenden Wärmebedarf immer weniger Biomasse im Raumwärmebereich benötigt und steht für andere Energiegewinnungsmöglichkeiten zur Verfügung. Insbesondere wird dabei an die Produktion von Treibstoff für den Schwerverkehr gedacht. Dem liegt die Annahme zugrunde, dass der elektrische Antrieb nur bei leichten Kraftfahrzeugen anwendbar ist. Auf dem biogenen Treibstoff liegt somit die Hoffnung der vollständigen Unabhängigkeit fossiler Energieträger im Verkehrsbereich (Amt der NÖ Landesregierung, 2010a, S. 20ff).

Aufgrund der bekannten negativen Auswirkungen, die im Zusammenhang mit Biogasanlagen auftreten können, müssen beim Anbau von Biomasse gewisse Voraussetzungen erfüllt sein und bestimmte Ziele verfolgt werden. Diese lauten wie folgt: *„Hoher Anlagenstandard, Weiterbildung der Betreiber, höchstmögliche nachhaltige Nutzung eigener Ressourcen und Öffentlichkeitsarbeit für ein positives Image.“* (Amt der NÖ Landesregierung, 2010a, S. 21f)

### 5.3 Szenarien der Ausweitung des Biomasseanbaus in NÖ

Insgesamt wird zwischen fünf verschiedenen Szenarien zur Umsetzung des Ausbaus des Biomasseanbaus in Niederösterreich unterschieden. Diese Szenarien bilden sich auf Basis zweier wesentlicher Änderungsfaktoren (Wahl der Anbauart und ursprüngliche Landnutzung) und ihrer Kombination miteinander. Das erste Szenario stellt den ‚Status Quo‘ dar und dient somit als Vergleichsbasis zur Feststellung der Veränderung gegenüber der bestehenden Wohlfahrtssituation. Weiters ist zu erwähnen, dass sich die Szenarien zeitlich auf die Situation des Entwicklungsstandes der Energiegewinnung mittels Biomasse im Jahr 2030 beziehen.

Grundlegende Kennzeichen der Szenarien:

- *Szenario 1 „Status quo/ Business as Usual“:* Es kommt zu keiner Erweiterung der Energiegewinnung mittels Biomasse. Die vorhandene Energielandwirtschaft mit samt ihrer Infrastruktur wird weiterhin so genutzt wie bisher. Darüber hinaus wird der gesamte „NÖ Energiefahrplan 2030“ nicht umgesetzt.
- *Szenario 2 „Ökologisch fundierte Biomassenutzung“:* Im Vordergrund liegt die energetische Nutzung von Biomasse, welche innerhalb der ökologischen Analyse die geringsten Auswirkungen auf die Bodenfunktionen hat. Der zusätzliche Biomasseanbau führt dabei zu indirekten Landnutzungsänderungen; d.h., die Biomasse wird auf Flächen angebaut, welche bereits bis dato landwirtschaftlich genutzt wurde, und verdrängt somit die ursprüngliche Produktion.
- *Szenario 3 „Ökologisch fundierte Biomasse vs. Versorgungssicherheit“:* Ökologisch wertvolle Biomasse wird zur energetischen Nutzung auf noch ungenutzten/ nicht landwirtschaftlich genutzten Flächen angebaut. Es wird angenommen, dass alle anderen Flächen zur Erhaltung der Versorgungssicherheit benötigt werden. Der Ausbau des Biomasseanbaus ist folglich mit direkten Landnutzungsänderungen verbunden.
- *Szenario 4 „Biomasse um der Biomasse willen“:* Beim Biomasseanbau wird keine Rücksicht auf die möglichen ökologischen Auswirkungen genommen. Es werden jene Pflanzen, Hölzer und Gräser ausgewählt, welche den meisten Ertrag pro Hektar erbringen und somit am schnellsten die im „NÖ Energiefahrplan 2030“ verankerten Ziele erfüllen können. Angebaut wird dabei auf Flächen, die bereits der landwirtschaftlichen Produktion dienen.
- *Szenario 5 „Biomasse um der Biomasse willen vs. Versorgungssicherheit“:* Es werden wiederum jene Biomassepflanzen angebaut, welche einen möglichst hohen Ertrag bringen, sich dabei allerdings auch wesentlich negativ auf die Ökosystemleistungen auswirken können. Darüber hinaus kommt es zu direkten Landnutzungsänderungen, da die Flächennutzungskonflikte mit der Nahrungsmittelproduktion eine Umnutzung unmöglich machen. Dadurch wird ein weiterer wesentlicher Eingriff in die Biodiversität vermutet.

Aufgrund der Erklärungen kann man bereits gut erkennen, dass es innerhalb der Szenarien zu sehr unterschiedlichen Entwicklungen kommen wird. Deshalb ist es notwendig, die jeweiligen Entwicklungen mit Annahmen über die Ausprägungen wesentlicher Einflussgrößen sowie den Wirkungsgrößen, anhand derer schließlich die Nutzen und Kosten abgelesen werden, zu unterstützen. Diese Annahmen werden daher als Teil der Nutzen-Kosten-Analyse im nachfolgenden Kapitel erarbeitet.

In weiterer Folge werden die Szenarien als Planungsfälle bezeichnet. Das Szenario 1 entspricht aufgrund seiner Funktion als Vergleichsbasis dem Planungsnullfall.

## 5.4 Allgemeine Annahmen zur Entwicklung

Zur Feststellung, welches Szenario die geringsten Auswirkungen auf die Gesamtwohlfahrt hat, ist es notwendig gewisse, Entwicklungen zu berücksichtigen, die im Zusammenhang mit der tatsächlichen Wirkungsgröße steht. Diese Wirkungsgrößen dienen schließlich dazu, die unterschiedlichen Ausmaße der Eingriffe wiederzugeben.

Als Wirkungsgröße im Falle der Untersuchung der Umsetzung der Zielsetzungen des „NÖ Energiefahrplans 2030“ im Bereich der Biomasse unter volkswirtschaftlichen Aspekten dient in erster Linie die Messung der Veränderung der Bodenfunktionen bzw. der Ökosystemleistungen. Es wird allerdings nicht die Gesamtheit der Bodenfunktionen berücksichtigt, sondern eine Auswahl jener Ökosystemleistungen getroffen, bei welchen die Veränderungen sowohl ökologisch, als auch hinsichtlich der Wohlfahrt der Gesellschaft am deutlichsten zu spüren sind.

Zur Messung der Ökosystemleistungen werden großteils flächenbezogene Größen gewählt. In weiterer Folge steht bei der Festlegung der Annahmen über die weitere Entwicklung die flächenhafte Veränderung der Bodennutzungen im Vordergrund. Es sind daher des Weiteren notwendig konkrete Angaben über die Potentiale der Erneuerbaren Energieträger sowie über ihren Einsatz zur Erfüllung der Ziele zu tätigen. Auf Basis dieser Angaben können in weiterer Folge Annahmen über die Entwicklung und den Bedarf an den unterschiedlichen Bodennutzungen getroffen werden.

### 5.4.1 Energiegewinnung mittels Biomasse

Zu Beginn gilt es festzustellen, wie viel zusätzliche Energie mithilfe des Einsatzes von Biomasse zur Energiegewinnung erzeugt werden soll. Dafür werden in diesem Fall die Zielsetzungen des „NÖ Energiefahrplan 2030“ herangezogen. Aufgrund der Tatsache, dass landwirtschaftliche Abfälle u.ä. nicht berücksichtigt werden können, da deren flächenmäßige Auswirkungen nicht bekannt sind, wird der derzeitige Anteil dieser Art von Biomasse berechnet und die Annahme getroffen, dass dieser auch für das Jahr 2030 zutreffend ist. In Tabelle 10 ist jene Menge an Endenergie angegeben, welche zusätzlich mithilfe der energetischen Nutzung von Biomasse erzeugt werden soll. Im Planungsnullfall sind gegenüber dem derzeitigen Stand keine Entwicklungen zu erwarten und somit wird auch keine zusätzliche Endenergie produziert. Für die weiteren vier Planungsfälle bleibt die Menge an Endenergie immer gleich, da die Zielsetzungen immer dieselben bleiben.

Tabelle 10: Zusätzliche Endenergie mittels Biomasse (in GWh)

Endenergie	Planungsnullfall	Planungsfall 1	Planungsfall 2	Planungsfall 3	Planungsfall 4
Strom	-	740	740	740	740
Wärme	-	900	900	900	900
Treibstoff	-	1.188	1.188	1.188	1.188
Summe	-	2.300	2.300	2.300	2.300

Quelle: Eigene Berechnungen, 2013.

### 5.4.2 Auswahl der Biomassearten

Aufgrund der Tatsache, dass für jede Form der Endenergie zu ihrer Erzeugung eine Vielzahl an verschiedenen Biomassearten zur Verfügung stehen, wird im Eingabemodell in Form von Tabelle 11 die Möglichkeit geboten, zur Wärme- und Treibstoffgewinnung mehrere Pflanzen, Hölzer oder Gräser anzugeben, die angebaut werden sollen um die vorgegebenen Zielsetzungen zu erreichen. In den Planungsfällen 1 und 2 kommt es zur Anwendung von Biomassearten, welche als ökologisch wertvoll bezeichnet werden können und sich daher in der ökologischen Analyse durch positive Auswirkungen ausgezeichnet haben (siehe Tabelle 3 in Kapitel 3.2.1). Die Auswahl der Biomassearten in den Planungsfällen 3 und 4 basiert hingegen auf den hohen Ertragswerte, die sich aus Tabelle 2 in Kapitel 3.1 ablesen lassen. Der ökologische Aspekt wird überwiegend außer Acht gelassen.

Auf die Darstellung des Planungsnullfalls wird in weiterer Folge verzichtet, da keine Veränderungen in der Menge der erzeugten Endenergie angenommen werden und somit auch kein zusätzlicher Anbau von Biomasse stattfindet.

**Tabelle 11: Auswahl der Biomasse zur Erreichung der Zielsetzungen**

	Planungsfall 1	Planungsfall 2	Planungsfall 3	Planungsfall 4
<b>Strom</b>	Wildpflanze	Wildpflanze	Mais	Mais
<b>Wärme</b>	Mittel- und Niederwald	Mittel- und Niederwald	Stroh	Stroh
	Kurzumtrieb	Kurzumtrieb	Kurzumtrieb	Kurzumtrieb
	Miscanthus	Miscanthus		
<b>Treibstoff</b>	Raps	Raps	Mais	Mais
	Getreide	Getreide	Raps	Raps
	extensive Grünlandnutzung	extensive Grünlandnutzung	Intensive Grünlandnutzung	Intensive Grünlandnutzung

Quelle: Eigene Darstellung, 2013.

Bei der Eingabe der gewählten Biomassesorten ist zu berücksichtigen, dass bei mehreren Eingabemöglichkeiten mit der Eingabe der ökologisch wertvollsten Biomasseart begonnen wird. Denn die angestrebte Menge an zu erzeugender Endenergie wird schließlich im Analysemodell absteigend nach der ökologischen Wertigkeit auf die verschiedenen Biomassearten aufgeteilt.

### 5.4.3 Landnutzungseffekte

Von besonderer Bedeutung ist weiters die Angabe über die Landnutzungseffekte; d.h., ob es zu einer Umnutzung oder einer Neunutzung der Bodenflächen kommt. Hiermit wird festgelegt, welche Ursprungsflächen von der Entwicklung betroffen sind, wobei bereits die Vermutung aufgestellt wird, dass aus ökologischer Sicht eine indirekte Landnutzung als sinnvoller erachtet wird. Die Aufgabe der Planungsfälle 2 und 4 ist es daher, diese Aussage zu überprüfen und auch die ökonomischen Aspekte zu berücksichtigen. Denn im Wesentlichen unterscheidet sich der Planungsfall 1 vom Planungsfall 2 nur durch seine Landnutzungseffekte. Dasselbe gilt für den Planungsfall 3 und den Planungsfall 4 (siehe Tabelle 12).

Im Rahmen der direkten Landnutzungseffekte wird die Hypothese definiert, dass der Anbau von Biomasse sich auf die Flächen der Schutzgebiete verlagern wird, da die restlichen Flächen zur Sicherstellung der Nahrungsmittel- und Werkstoffproduktion benötigt werden (in Realität wäre dies wahrscheinlich sowohl rechtlich als auch faktisch nicht möglich).

**Tabelle 12: Landnutzungseffekte**

	Planungsfall 1	Planungsfall 2	Planungsfall 3	Planungsfall 4
Indirekte Landnutzung	x		x	
Direkte Landnutzung		x		x

Quelle: Eigene Darstellung, 2013.

#### 5.4.4 Veränderung der Bodennutzung

Um eine Aussage über die Veränderung der Bodennutzungen bis ins Jahr 2030 treffen zu können, ist es notwendig, eine Annahme über die Entwicklung im Planungsnullfall zu treffen. Diesem wird unterstellt, dass sich die Bodennutzungen bis ins Jahr 2030 nach dem Vorbild der Flächenentwicklung zwischen 1999 bis 2010 gleichbleibend verändern werden. Das bedeutet eine weitere Abnahme im Speziellen der extensiv genutzten Grünlandflächen (-29,9 Prozent) sowie dem Wirtschaftsgrünland (-7,6 Prozent). Auch die Ackerflächen von einer weiteren Abnahme von -1,6 Prozent betroffen. Nur geringe Veränderungen sind bei den Waldflächen zu verzeichnen. Im Bereich der Schutzgebietsflächen wird die Vermutung aufgestellt, dass keine zusätzlichen Ausweitungen stattfinden, allerdings die bestehenden Flächen auch nicht verringert werden und somit keine Änderungen in diesem Bereich vorzufinden sind.

Auf Basis der ausgewählten Biomassetypen und den dazugehörigen Ertragswerten aus Tabelle 2 wurde jene Fläche berechnet, welche benötigt wird, um die Zielsetzungen zu erreichen (siehe Tabelle 13). Aus dem Ergebnis kann bereits sehr gut abgelesen werden, dass jene Biomasse, die aus ökologischer Sicht als wertvoll bezeichnet werden kann, fast doppelt so viel Fläche in Anspruch nimmt wie jene, die unter ökologischen Gesichtspunkten keine positiven Aspekte mit sich bringt. In den Planungsfällen 2 und 4 wird aufgrund der direkten Landnutzungseffekte der Biomasseanbau auf die Flächen der Schutzgebiete verlagert.

Insgesamt gibt es laut Tabelle 13 fast 22.000km<sup>2</sup> Potentialfläche für den Anbau von Biomasse und dies bei einer Landesfläche von nur 19.200km<sup>2</sup>. Diese Diskrepanz in den Flächensummen entsteht durch die Verwendung zweier verschiedener Datengrundlagen. Es wird vermutet, dass bei der Angabe über die land- und forstwirtschaftlichen Bodennutzungen die Schutzgebietsflächen nicht gesondert betrachtet wurden. Das bedeutet, bei der Summierung der land- und forstwirtschaftlichen Flächen mit den Schutzgebietsflächen kommt es zu einer Doppelzählung. Aufgrund der Tatsache, dass die zusätzlich benötigten Flächen allerdings nicht so groß sind, dass eine Energieproduktion auch ohne Eingriff auf Schutzgebietsflächen möglich ist und die strikte Trennung der Planungsfälle mit direkten und indirekten Landnutzungseffekten, spielt dieser Fehler in der weiteren Vorgehensweise keine Rolle mehr.

**Tabelle 13: Zusätzlich benötigte Flächen für den Biomasseanbau zur Zielerfüllung (alle Angaben in Hektar)**

Alle Angaben in Hektar		Planungs- nullfall	Planungsfall 1	Planungsfall 2	Planungsfall 3	Planungsfall 4
land- und forstwirtschaft- liche Nutzung	Ackerland	666.000	526.093	666.000	600.430	666.000
	Wirtschafts- grünland	148.000	148.000	148.000	118.300	148.000
	Extensiv genutztes Grünland	27.000	7.200	27.000	27.000	27.000
	Forstwirtschaftl. genutzte Fläche	487.000	466.545	487.000	487.000	487.000
	Schutzgebiete	614.000	614.000	433.839	614.000	518.730
	<b>SUMME</b>	<b>1.942.000</b>	<b>1.761.839</b>	<b>1.761.839</b>	<b>1.846.730</b>	<b>1.846.730</b>
energetische Nutzung (Biomasse-anbau)	Ackerland	20.000	159.907	20.000	85.570	20.000
	Wirtschaftsgrünland	-	-	-	29.700	-
	Extensives genutztes Grünland	-	19.800	-	-	-
	Forstwirtschaftl. genutzte Fläche	207.000	227.455	207.000	207.000	207.000
	Schutzgebiete	-	-	180.161	-	95.270
	<b>SUMME</b>	<b>227.000</b>	<b>407.161</b>	<b>407.161</b>	<b>322.270</b>	<b>322.270</b>
<b>SUMME</b>	<b>2.169.000</b>	<b>2.169.000</b>	<b>2.169.000</b>	<b>2.169.000</b>	<b>2.169.000</b>	

Quelle: Eigene Darstellung, 2013.

Diese Veränderungen in der Bodennutzung führen in weiterer Folge dazu, dass sich die ursprünglichen Bodenfunktionen und die mit ihnen in Zusammenhang stehenden Ökosystemleistungen verändern. Mithilfe der ökologischen Analyse können Rückschlüsse auf die Auswirkungen des Biomasseanbaus auf die Bodenfunktionen gezogen werden. In nachfolgender Tabelle 14 werden diese Auswirkungen dargestellt. Es wird dabei zwischen vier Auswirkungsgraden (negativ, mäßig negativ, mäßig positiv und positiv) unterschieden.

**Tabelle 14: Auswirkungen verschiedener Biomassearten auf die Bodenfunktionen**

Ökosystemleistungen	Mais	Wild- pflanze	Raps	Getreide	Zucker- rüben	Stroh	Kurzumtrieb		Mittel- und Niederwald	Miscanthus	Intensive Grünland- nutzung	Extensive Grünland- nutzung
							Weide	Pappel				
Provisioning Trinkwasser	-1	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1	-1	1
Regulating Klimaregulierung (Kohlenstoffbindung und Vegetation)	-0,5	1	-1	-1	-1	-1	0,5	0,5	0,5	0,5	-1	0,5
	-0,5	1	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1	0,5	1	-1	0,5
Cultural Kulturlandschaften und Kulturerbe	-1	1	-1	-1	-1	-1	0,5	0,5	0,5	0,5	-1	0,5
	-1	0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-1	-0,5
Supporting Bodenbildung	-0,5	1	-1	-1	-1	-1	0,5	0,5	0,5	0,5	-1	0,5
	-0,5	1	-1	-1	-1	-1	0,5	0,5	0,5	0,5	-1	0,5

- 1 negative Auswirkung
- 0,5 mäßig negative Auswirkung
- 0,5 mäßig positive Auswirkung
- 1 positive Auswirkung

Quelle: Eigene Darstellung, 2013.

Basierend auf dem Wissen über die Auswirkungen und dem Ausmaß der betroffenen Fläche ist es möglich, die Veränderungen zu monetarisieren. Dazu ist es allerdings zuerst notwendig die Ökosystemleistungen selbst zu quantifizieren. Um einen Vergleich zwischen den verschiedenen Leistungen zu ermöglichen erfolgt die Quantifizierung mit Bezug auf eine einheitliche Flächengröße (ein Hektar) und einen vorgegebenen zeitlichen Rahmen (das Jahr 2030).

## 5.5 Quantifizierung und Monetarisierung der Ökosystemleistungen

Anschließend werden für die ausgewählten relevanten Ökosystemleistungen des Bodens eine Quantifizierung und eine Monetarisierung durchgeführt. Je nach Bodenfunktion gibt es allerdings verschiedene Möglichkeiten, den Wirkungen einen Geldwert zuzuteilen. Im Rahmen dieser Analyse wird ein Teil der Auswirkungen mithilfe der in Kapitel 4.2.3 beschriebenen indirekten Bewertungsmethoden und der Marktbewertungsmethoden ermittelt. Für die restlichen Funktionen werden Werte aus der Literatur herangezogen, da ansonsten der Rahmen dieser Arbeit gesprengt werden würde. Eine derartige Übernahme von Resultaten anderer Studien wird in der Fachsprache als Benefit-Transfer-Methode bezeichnet. „Allgemein kann Benefit-Transfer definiert werden als eine Methodik, die monetäre Werte für Umweltgüter z.B. in einer Region Y dadurch ermittelt, dass sie existierende Studien in einer Region X analysiert und deren ermittelte Umweltwerte mit mehr oder weniger aufwendigen Korrekturverfahren auf die aktuelle Bewertungssituation in der Region Y überträgt.“ (Grêt-Regamey, 2012, S. 10 nach Boyle et al., 1992, o.S. und Brookshire et al., 1991, o.S.).

Dieser Ansatz findet bereits häufig Anwendung, dennoch machen sich auch kritische Stimmen laut, die auf mögliche Fehlerquellen hinweisen, die sich zumeist auf die unterschiedlichen Ausgangssituationen der zu bewertenden Umweltgüter beziehen. Diese Fehlerquellen haben Studien hervorgerufen, welche sich mit der Geringhaltung des Einflusses besagter Fehlerquellen beschäftigten. Im Rahmen der Einhaltung ihrer Vorgaben ist es schließlich durchaus möglich, den Benefit-Transfer-Ansatz auch zur Beantwortung politischer Fragestellungen heranzuziehen (Grêt-Regamey, 2012, S. 10).

**Tabelle 15: Schema einer ökologisch erweiterten Nutzen-Kosten-Analyse für die Umsetzung der Zielsetzungen des NÖ Energiefahrplan im Bereich Biomasse**

Kosten	Nutzen
Unmittelbare Projektkosten: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Baukosten (Anlage und Netzausbau)</li> <li>• Flächenkauf.</li> </ul>	Direkte betriebsbezogene Nutzeneffekte: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Entfall der Kosten für alternative Energieversorgung</li> </ul>
Betriebskosten im weiteren Sinn: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Produktionskosten</li> <li>• Lohnkosten</li> <li>• Bewirtschaftungs- und Pflegekosten</li> </ul>	Indirekte betriebsbezogene Nutzeneffekte: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Veränderung der Energiepreise</li> <li>• Vermiedene Importe</li> </ul>
Kosteneffekte durch Umweltschäden (Verschlechterung der Ökosystemleistungen): Opportunitätskosten: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nahrungsmittel- und Werkstoffproduktion</li> <li>• Kulturlandschaft und Kulturerbe</li> <li>• Erholung und Tourismus</li> </ul> Erhaltungskosten: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wasserregulierungsfunktion</li> </ul> Ersatzkosten: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Trinkwasserbereitstellung</li> <li>• Klimaregulierung</li> <li>• Bodenbildung</li> <li>• Erhaltung des Nährstoffkreislaufs</li> </ul>	Nutzeneffekte durch Umweltverbesserungen bzw. vermiedene Umweltschäden (Verbesserung der Ökosystemleistungen): <ul style="list-style-type: none"> <li>• Trinkwasserbereitstellung</li> <li>• Klimaregulierung</li> <li>• Wasserregulierungsfunktion</li> <li>• Kulturlandschaft und Kulturerbe</li> <li>• Erholung und Tourismus</li> <li>• Bodenbildung</li> <li>• Erhaltung des Nährstoffkreislaufs</li> </ul>

Quelle: Eigene Darstellung, 2013 nach Meyerhoff, 1998, S. 11.

Für ein besseres Verständnis wird in Tabelle 15 ein Schema der ökologisch erweiterten Nutzen-Kosten-Analyse dargestellt, in welchem bereits zwischen Kosten- und Nutzeneffekte unterschieden wird. Besonders hervorgehoben (hellblau hinterlegt) werden dabei jene Kosten- und Nutzeneffekte, die innerhalb dieser Arbeit mit der Teil-Nutzen-Kosten-Analyse berücksichtigt werden. Ob es sich im Zusammenhang mit den Ökosystemleistungen zu Kosten- oder Nutzeneffekten kommt, ist von Biomasse zu Biomasse unterschiedlich und ist abhängig von den in Tabelle 14 definierten positiven oder negativen Auswirkungen. Somit kann es zur Zuteilung verschiedener Ökosystemleistungen sowohl zur Kosten- als auch zur Nutzenseite kommen.

Die nachstehende Tabelle 16 dient dazu, einen kurzen Überblick über die verwendeten Methoden und die Herkunft der verwendeten Daten zu geben.

**Tabelle 16: Überblick über die Art der Bewertung der Bodenfunktionen**

Bodenfunktionen		Methodik	Quelle
Provisioning	Trinkwasser	Ersatzkostenmethode	Eigene Berechnungen
	Nahrungsmittel- und Werkstoffproduktion	Marktpreismethode	Eigene Berechnungen
Regulating	Klimaregulierung (Kohlenstoffbindung)	Vermeidungskostenmethode	Eigene Berechnungen; RVS 2.22
	Wasserregulierung	Off-Site-Kosten der Bodenerosion; Wiederherstellungs- und Reparaturkosten	Görlach et al., 2004, o.S.
Cultural	Kulturlandschaften und Kulturerbe	Ermittlung der Zahlungsberitschaft	Harris et al, 2006, o.S.
	Erholung und Tourismus		Görlach et al., 2004, o.S.
Supporting	Bodenbildung	Angenommene Bodenbildungsrate pro Jahr (1 t/ha/Jahr) x Wert von 1t Oberboden (12 USD) x landwirtschaftliche Fläche	Görlach et al., 2004, o.S.
	Nährstoffkreislauf	Ersatzkostenmethode/ Schadenskostenmethode	Harris et al, 2006, o.S.

Quelle: Eigene Darstellung, 2013 nach Gerdes et al., 2010, S. 12ff.

### 5.5.1 Trinkwasserbereitstellung

Die Versorgung mit Trinkwasser steht in engem Zusammenhang mit der Grundwasserneubildung. In Niederösterreich kann sogar der gesamte Trinkwasserbedarf mit Grund- und Quellwasservorräten abgedeckt werden, womit diese Vorräte von besonderer Bedeutung sind. In weiterer Folge werden für die Quantifizierung und Monetarisierung der Funktion der ‚Trinkwasserbereitstellung‘ des Bodens aufgrund der näheren Verbundenheit lediglich die Einflüsse des Biomasseanbaus auf das Grundwasser berücksichtigt. Die eben genannte Verbundenheit zeigt sich durch die Abhängigkeit des Umfangs der Grundwasserneubildungsrate von der Bodenart, der Lagerungsdichte, dem Humusanteil, der Bodennutzung sowie dem

Niederschlag, der Evapotranspiration<sup>14</sup> und den Eigenschaften des Grundwasserstandes. Ausschlaggebend für die Nutzung des Grundwassers als Trinkwasser ist allerdings nicht die Menge des zur Verfügung stehenden Grundwassers, sondern die Qualität (Grêt-Regamey et al., 2012, S. 48).

Es gibt bereits mehrere verschiedene etablierte Methoden zur Berechnung der Grundwasserneubildungsrate. Diese unterscheiden sich hauptsächlich in den benötigten Grundlagendaten (Grêt-Regamey et al., 2012, S. 48). Es würde allerdings den Rahmen dieser Arbeit weit überdehnen die notwendigen Daten zu ermitteln und die Grundwasserneubildungsrate eigens zu berechnen. Deshalb wird auf Werte aus der Literatur für ein vergleichbares Gebiet in Mitteldeutschland zurückgegriffen.

**Tabelle 17: Grundwasserneubildungsrate, Trinkwasserkosten und Opportunitätskosten**

	Grundwasser (mm/a)	Grundwasser (l/ha/a)	Trinkwasserkosten (€/ha/a)	Ersatzkosten (€/ha/a)
<b>Ackerflächen</b>	230	2.300.000	57,85	15.923
<b>Wirtschaftsgrünland</b>	170	1.700.000	42,76	11.769
<b>Extensiv genutztes Grünland</b>	100	1.000.000	25,15	6.923
<b>Forstwirtschaftl. genutzte Flächen</b>	70	700.000	17,61	4.846
<b>Schutzgebiete</b>	100	1.000.000	25,15	6.923

Quelle: Eigene Berechnungen, 2013 nach Mull, 1983, S. 399.

Zur Monetarisierung wird die Grundwasserneubildungsrate in Liter pro Hektar mit den Kosten pro Kubikmeter Leitungswasser, dessen Marktpreis in Österreich derzeit bei 1,09€ liegt, multipliziert. Es besteht nun die Möglichkeit die Auswirkungen mithilfe einer Ersatzkostenmethode zu monetarisieren. Dafür wird die Annahme getroffen, dass aufgrund der schlechten Qualität des Wassers die Bevölkerung ihr Trinkwasser im Supermarkt kaufen müsste. Das bedeutet, die zusätzlichen Kosten werden auf Basis des Marktpreises für Mineralwasser berechnet (1,5 Liter entsprechen dabei 0,45€).<sup>15</sup> Eine weitere Annahme zur Berechnung der Ersatzkosten ist die Berücksichtigung des geringen Anteils von nur 2,3% des Trinkwassers am Wasserverbrauch und somit an der Grundwassernutzung.

Die Aufteilung der Grundwasserbildungsrate zeigt sehr deutlich, weshalb ein ökologischer, landwirtschaftlicher Anbau von so großer Bedeutung ist für die natürliche Trinkwasserversorgung der Bevölkerung. Denn genau diese landwirtschaftlichen Flächen tragen wesentlich dazu bei, dass wir über genügend Grundwasser verfügen. Sie sind durch eine zeitlich begrenzte Vegetation mit nur geringen Wurzeltiefen charakterisiert und zeichnen sich somit durch einen niedrigen Verdunstungsgrad sowie ein geringes Rückhaltevermögen von Niederschlagswasser

<sup>14</sup> „... die Summe aus Transpiration und Evaporation, also der Verdunstung von Wasser aus Tier- und Pflanzenwelt, sowie der Bodenoberfläche.“ (wikipedia.org, 2013, online)

<sup>15</sup> Die EU Wasserrahmenrichtlinie (WRRL, 2000/60/EG) und die Grundwasserrichtlinie (GWRL, 2006/118/EG) legen Qualitätskriterien fest und beinhalten Maßnahmen zur Verhinderung oder Begrenzung des Eintrags von Schadstoffen in das Grundwasser (Umweltbundesamt, 2013, online).

aus. Bei zu hohem Pflanzenschutzmittel- oder Düngereinsatz können Stoffe in das Grundwasser und in weiterer Folge in das Trinkwasser gelangen, welche gesundheitsschädlich sind (Grêt-Regamey et al., 2012, S. 48).

## 5.5.2 Nahrungsmittel- und Werkstoffproduktion

Ein weiterer bedeutender Aspekt beim Ausbau des Biomasseanbaus ist die Problematik der Flächennutzungskonflikte. Diese Thematik soll einerseits mithilfe der Analyse der Auswirkungen auf die Nahrungsmittel- und Werkstoffproduktion und andererseits durch die Inwertsetzung der Erholungs- und Tourismusfunktion der Natur untersucht werden. Es handelt sich dabei um sogenannte Opportunitätskosten, die als Nutzwert berechnet werden.

Tabelle 18: Nutzwert der Bodennutzung bezüglich der Nahrungsmittel- und Werkstoffproduktion

		Marktpreise (€/t)	Ertrag pro Hektar (t/ha/a)	Nutzwert pro Hektar (€/ha/a)	Produk- tionskosten (€/ha)	Anteil an der Flächennutzung je ha	Anteilmäßiger Nutzwert (€/ha/a)
Ackerflächen	Mais	200,00	13,00	2.600,00	1.350	30%	375,00
	Weizen	210,00	3,00	630,00	900	20%	- 54,00
	Raps	450,00	2,00	900,00	675	15%	33,75
	Karotten	470,00	60,00	28.200,00	225	5%	1.398,75
	Kartoffeln	150,00	30,00	4.500,00	450	10%	405,00
	Weißkraut	200,00	55,00	11.000,00	450	10%	1.055,00
	Tomaten	1.000,00	70,00	70.000,00	225	5%	3.488,75
	Zwiebeln	150,00	45,00	6.750,00	225	5%	326,25
						<b>SUMME/ha</b>	<b>7.028,50</b>
IGN <sup>1</sup>	Heu	150,00	70,00	10.500,00	2.195	50%	4.152,54
	Stroh	90,00	4,00	360,00	2.195	50%	- 917,47
						<b>SUMME/ha</b>	<b>3.235,07</b>
EGN <sup>2</sup>	Heu	150,00	30,00	4.500,00	1.231	70%	2.288,43
	Stroh	90,00	2,00	180,00	527	30%	- 104,25
						<b>SUMME/ha</b>	<b>2.184,18</b>
Wald	Langholz	100,00	6,00	600,00	414	35%	65,00
	Blochholz	80,00	6,00	480,00	355	30%	37,47
	Faserholz	40,00	6,00	240,00	237	20%	0,65
	Schleifholz	50,00	6,00	300,00	178	15%	18,37
						<b>SUMME</b>	<b>121,49</b>

<sup>1</sup>IGN = Intensive Grünlandnutzung

<sup>2</sup>EGN = Extensive Grünlandnutzung

Quelle: Eigene Berechnungen, 2013 nach Landwirtschaftskammer Niederösterreich, 2013, online; Landwirtschaftskammer Kärnten, 2012, online; Statistik Austria, 2012a&b, online; Grêt-Regamey et al., 2012, S. 36.

Im Rahmen der Monetarisierung der Produktionsfunktion des Bodens gilt es daher, die Leistungen der jeweiligen Bodennutzungsart zu quantifizieren. Dafür werden repräsentative Anbauarten ausgewählt und deren Ertragsvolumen pro Hektar evaluiert, um schließlich auf Basis des Marktpreises und unter Berücksichtigung der Produktionskosten den Nutzwert der Flächen zu ermitteln (siehe Tabelle 18). Bei den Produktionskosten ist allerdings zu berücksichtigen, dass diese aufgrund der Größe der bewirtschafteten Fläche sowie der

Bewirtschaftungsart stark variieren können. Für diese Analyse wird jedoch aufgrund des geringen Detaillierungsgrades auf allgemeine Werte zurückgegriffen.

### 5.5.3 Klimaregulierung (Kohlenstoffbindung)

Die Tatsache, dass das Teilökosystem Boden einer der größten CO<sub>2</sub>-Speicher der Welt ist, macht es auch im Zusammenhang mit dem Klimawandel und der Klimaregulierung zu einer bedeutenden Komponente. Je nach Nutzung unterscheidet sich allerdings die feste Summe an Kohlenstoff im Boden und somit die Kapazität zur Speicherung von Kohlendioxid (siehe Tabelle 19). Die Quantifizierung der Bodenfunktion erfolgt daher über die Speicherkapazität des Bodens. Der monetäre Nutzwert dieser Speicherung wird schließlich mithilfe des in der RVS 02.01.22 (Richtlinie und Vorschriften für den Straßenbau, Auflage 02.01.22) festgelegten Kostensatzes von 101 €/Tonne CO<sub>2</sub> berechnet. Mithilfe dieser Angaben kann der Ausgangsnutzwert der bodenbedingten Ökosystemleistung ‚Klimaregulierung‘ im Planungsnullfall berechnet werden. Für die weitere Berechnung wird schließlich angenommen, dass es sich dabei um Erhaltungskoten handelt, die dem Boden jährlich zu zahlen sind, damit er die angegebene Menge an CO<sub>2</sub> weiterhin speichert.

Zusätzlich zu der CO<sub>2</sub>-Speicherkapazität des Bodens sind die CO<sub>2</sub>-Äquivalente der energetisch genutzten Biomasse, welche die mit der Energieproduktion verbundenen Treibhausgasemissionen angeben, bei der Ermittlung der Kosten- und Nutzeffekte bezüglich der Auswirkungen der energetischen Biomassenutzung hinzuzuziehen (siehe Tabelle 2 in Kapitel 3.1). Diese Menge wird schließlich mit dem Marktpreis von CO<sub>2</sub> multipliziert und mit dem Wert des im Boden gespeicherten CO<sub>2</sub> addiert und so die Ökosystemleistung in Wert gesetzt.

Tabelle 19: CO<sub>2</sub>-Speicherkapazität des Bodens und sein Nutzwert

	t CO <sub>2</sub> /ha	Wert des im Boden gespeicherten CO <sub>2</sub> (€/t CO <sub>2</sub> /ha)
Ackerfläche	3,5	353,50
Wirtschaftsgrünland	3,9	393,90
Extensiv genutztes Grünland	15	1.515,00
Forstwirtschaftl. genutzte Fläche	10	1.010,00
Schutzgebiete	12	1.212,00

Quelle: Eigene Berechnungen, 2013 nach RVS 02.01.22 und nach Landwirtschaftskammer Oberösterreich, 2009, online.

### 5.5.4 Wasserregulierung (Schutz vor Überflutungen)

Die Ökosystemleistung der Wasserregulierung des Bodens steht in engem Zusammenhang mit der Leistung der Grundwasseraufbereitung bzw. Trinkwasserversorgung und ist daher ebenfalls von ähnlichen Boden- und Klimacharakteristika (Bodenart, Lagerungsdichte, Humusanteil, Bodennutzung und Niederschlagsmenge) abhängig. Die Wasserregulierungsfunktion spielt vor allem beim Schutz vor Überflutungen eine bedeutende Rolle, da die Böden durch die

Aufnahme und auch den Transport von Wasser ausgleichend auf den Wasserhaushalt wirken (Gerdes et al., 2010, S. 22 nach LFU, 2010, o.S.).

Bisher gibt es nur eine geringe Anzahl an Studien, die sich mit der Quantifizierung und Inwertsetzung dieser Bodenleistung beschäftigt haben. Die derzeit bekannten Projekte ermitteln den Nutzwert entweder über Off-Site Kosten der Bodenerosionen oder über Ersatzkoten- bzw. Reparationskosten. Von Görlach et al. (2004) wurde für die Ökosystemleistung Wasserregulierung für die Böden der EU ein Wert von 8,49 € pro Hektar berechnet (Gerdes et al, 2010, S. 22). In Kombination mit dem Wissen über die Fähigkeiten des Bodens hinsichtlich der Grundwasseraufbereitung wird dieser Wert schließlich an die Bodennutzungsarten angepasst; das heißt, jenen Flächen wird ein höherer Wert zugeteilt, welche über eine bessere Leistungsfähigkeit bei der Grundwasseraufbereitung verfügen, da diese dann auch eine bessere Speicherfunktion von Wasser besitzen (siehe Tabelle 20).

**Tabelle 20: Nutzwert der Wasserregulierungsfunktion des Bodens**

	Wert in €/ha
Ackerland	10,6
Wirtschaftsgrünland	8,49
Extensiv genutztes Grünland	7,95
Forstwirtschaftl. genutzte Flächen	5,3
Schutzgebiete	7,95

Quelle: Eigene Berechnungen, 2013 nach Görlach et al., 2004, o.S.

### 5.5.5 Kulturlandschaft und Kulturerbe

Das Teilökosystem Boden hat neben seinen Produktions- und Regulierungsfunktionen auch eine grundlegende kulturelle Funktion. Mithilfe seiner Archivierungsfähigkeit ist es möglich, sich ein Wissen über Siedlungs- und Nutzungsaktivitäten vorangegangener Generationen zu erarbeiten.

Es handelt sich bei dieser Fähigkeit allerdings um eine nur sehr schwer quantifizierbare Leistung, weswegen in diesem Zusammenhang oftmals auf direkte Bewertungsmethoden zurückgegriffen wird. Großteils erfolgt dies in Form einer Kognitiven Bewertung, die die Zahlungsbereitschaft der Bevölkerung, meist auf Haushaltsebene, ermittelt. Auf Basis einer solchen Zahlungsbereitschaftsanalyse konnten Harris et al. (2006) diese Leistung mit 10 GBP pro Haushalt bewerten (Gerdes et al., 2010, S. 23). In dieser Analyse wird die ermittelte Zahlungsbereitschaft herangezogen, um den Ausgangswert im Planungsnullfall zu berechnen.

Aufgrund der Tatsache, dass dieser Wert auf Haushaltsebene nur sehr schwer in Bezug zu einer Flächeneinheit gestellt werden kann, wurde für die Monetarisierung der Auswirkungen durch eine veränderte Bodennutzung auf die Ökosystemleistung ‚Kulturlandschaft und Kulturerbe‘ der Nutzwert pro Hektar auf Basis der Daten aus der TEEB-Studie weiterentwickelt. Für die Unterscheidung der Höhe des Werts je Nutzung wurde zusätzlich die Annahme

getroffen, dass jene Flächen, welche nur in geringem Ausmaß durch anthropogene Eingriffe beeinflusst wurden und immer noch kaum beeinflusst werden, wesentlich mehr zu dieser Leistung beitragen (siehe Tabelle 21).

**Tabelle 21: Nutzwert von Kulturlandschaft und Kulturerbe**

	Zahlungsbereitschaft in €/HH/a	Wert in €/ha
Ackerland	6,0	1.460
Wirtschaftsgrünland	11,0	2.190
Extensiv genutztes Grünland	12,0	2.920
Forstwirtschaftl. genutzte Flächen	12,0	2.920
Schutzgebiete	15,0	5.840

Quelle: Eigene Berechnungen, 2013 nach TEEB, 2011, S. 393 und Harris et al., 2006, o.S.

### 5.5.6 Erholung und Tourismus

Neben der Archivierungsfähigkeit verfügt das Teilökosystem Boden über eine weitere kulturelle Funktion; es ist dies die Erholungs- und Tourismusfunktion. Diese wird getragen durch die Grundlagenbildung des Bodens für die Funktionsfähigkeit natürlicher Habitate und somit dem Erhalt der Biodiversität. Ähnlich zur Fähigkeit der Bereitstellung und Bewahrung von Kulturlandschaften und -erben stellt sich allerdings das Problem der Quantifizierung dieser Leistung. Auch in diesem Fall ist es daher zu empfehlen eine direkte Bewertungsmethode anzuwenden, um eine Monetarisierung zu ermöglichen, indem die Zahlungsbereitschaft der Bevölkerung erfragt wird (Gerdes et al., 2010, S. 17).

**Tabelle 22: Kosten und Nutzwert der Landschaft für Erholung und Tourismus**

	Zahlungsbereitschaft in €/HH/a	Wert in €/ha/a
Ackerland	120	4
Wirtschaftsgrünland	170	6
Extensiv genutztes Grünland	200	8
Forstwirtschaftl. genutzte Flächen	230	15
Schutzgebiete	290	20

Quelle: Eigene Berechnungen, 2013 nach TEEB, 2011, S. 393 und Görlach et al., 2004, o.S.

Aufgrund der Annahme, dass es beim Ausbau der Anbauflächen für Biomasse nicht nur zu indirekten Landnutzungseffekten kommen kann, sondern auch direkte Landnutzungseffekte entstehen können, ist auch hier die Entstehung von Flächennutzungskonflikten möglich. Um diese Flächennutzungskonflikte zu verdeutlichen bildet wie bereits bei der vorangehend abgehandelten Ökosystemleistung die Zahlungsbereitschaft den Ausgangswert im Planungsnullfall. Die Höhe der Zahlungsbereitschaft orientiert sich hierbei am Ausmaß der anthropogenen Eingriffe in die Landschaft und somit auch auf den Boden (siehe Tabelle 22).

Bei der Monetarisierung der Veränderungen, egal ob positiver oder negativer Art, ist die Zahlungsbereitschaft allerdings nicht das geeignete Mittel, da sie nicht auf eine bestimmte Flächeneinheit umgelegt werden kann. Einen Ausweg bietet hierfür die Annahme nach Görlach et al. (2004), welche davon ausgeht, dass die Erholungsfunktion durch die Bodenerosion negativ beeinflusst wird. Der Nutzwert dieser Leistung wird schließlich basierend auf dieser Annahme mithilfe einer Reparationskostenmethode ermittelt und eine Verschlechterung wäre daraus folgend mit sozialen Kosten in Höhe von ca. 20€ pro Hektar verbunden (Gerdes et al., 2010, S. 17).

### 5.5.7 Bodenbildung

Bei der Bodenbildung handelt es sich um einen Prozess, der abhängig ist von den vorhandenen Bodenorganismen. Ausschlaggebend dabei sind deren Aktivitäten im Zusammenhang mit der Verteilung der Nährstoffe, der Bodenbelüftung, der Pflanzenproduktivität, etc. Bisher gibt es noch nicht viele Ansätze diesen Teilaspekt der Ökosystemleistungen zu bewerten, wobei das Hauptproblem in der Quantifizierung der Leistung liegt. Pimentel et al. (1997) gehen allerdings davon aus, dass es durch die Aktivitäten der Bodenlebewesen zur Produktion von ca. 1 Tonne Oberboden pro Hektar und Jahr kommt. Verfolgt man diese Annahme weiter, dann besteht die Möglichkeit, den Nutzwert über den aktuellen Marktpreis von einer Tonne Oberboden abzuleiten (Gerdes et al., 2010, S. 23).

Im Rahmen dieser Analyse wird die weiterführende Annahme getroffen, dass die Produktion von Boden abhängig ist von der jeweiligen Nutzungsform. Je geringer die Nutzung und somit die anthropogenen Eingriffe, desto höher die Produktion und der Nutzwert je Hektar (siehe Tabelle 23).

**Tabelle 23: Nutzwert der Bodenbildungsfunktion**

	t Oberboden/ ha	Wert in €/ha/a
Ackerland	1,0	10,8
Wirtschaftsgrünland	1,0	10,8
Extensiv genutztes Grünland	1,3	13,5
Forstwirtschaftl. genutzte Flächen	1,5	16,2
Schutzgebiete	1,8	18,9

Quelle: Eigene Berechnungen, 2013 nach Görlach et al., 2004, o.S.

### 5.5.8 Erhaltung des Nährstoffkreislaufs

In engem Zusammenhang mit der Bodenbildung steht die Erhaltung des Nährstoffkreislaufs, da die Aktivitäten der Bodenorganismen von den Nährstoffen abhängig sind, die im Boden vorzufinden sind. Des Weiteren ist das Vorhandensein von Nährstoffen essentiell für das Pflanzenwachstum. Durch den natürlichen Kreislauf werden die Nährstoffe allerdings wieder in den Boden zurückgeführt. Durch eine intensive Bewirtschaftung des Bodens wird der Kreislauf durch eine zu hohe Entnahme gestört und durch teilweise falsche oder zu einseitige Rückführungsmengen im Ungleichgewicht gehalten (Gerdes et al., 2010, S. 18).

Eine Quantifizierung der Ökosystemleistung ‚Erhaltung des Nährstoffkreislaufs‘ kann daher in Form einer genauen Untersuchung des Bodens und der Ermittlung des Ausmaßes des Nährstoffmangels erfolgen. Aufgrund der Tatsache, dass der Untersuchungsraum für eine derartige Analyse zu groß ist, um eine genaue Aussage treffen zu können und dazu über den Rahmen dieser Arbeit hinausgehen würde, wird von einem Mittelwert ausgegangen. Auf Basis von Marktpreisen exemplarisch für die beiden Nährstoffe Phosphor und Kalium können die positiven oder negativen Auswirkungen einer veränderten Anbauweise schließlich, wie in Tabelle 24 ersichtlich, monetarisiert werden.

**Tabelle 24: Nutzwert der Erhaltung des Nährstoffkreislaufs**

	Schadenskosten in €/ha/a
Ackerland	795,5
Wirtschaftsgrünland	795,5
Extensiv genutztes Grünland	994,3
Forstwirtschaftl. genutzte Flächen	1.193,2
Schutzgebiete	1.392,0

Quelle: Eigene Berechnungen, 2013 nach Grölach et al., 2004, o.S.

### 5.5.9 Aufsummierte volkswirtschaftliche Kosten und Nutzen

In Kombination mit dem Wissen über die veränderten Bodennutzungen, der ökologischen Analyse und der monetarisierten Wirkungen kann schließlich der gesamte volkswirtschaftliche Wert der Natur je Planungsfall berechnet werden und die Planungsfälle jeweils dem Planungsnullfall gegenüber gestellt werden, um den Nettonutzen (=Nettogegegenwartswert) zu ermitteln.

Aufgrund der Tatsache, dass im Zusammenhang mit dieser Analyse keine Investitionskosten bekannt sind, wird die Annahme getroffen, dass es sich beim über die Ökosystemleistungen errechneten Wert der Natur im Planungsnullfall um die Entlohnung der Natur handelt, die die Bevölkerung zahlen müsste, damit sie in gleichbleibender Form erhalten bleibt. Für die Nutzen-Kosten-Analyse kann daher der Wert der Natur als Erhaltungskosten angesehen werden. Der jährliche Nutzen ermittelt sich in weiterer Folge aus der Differenz des Planungsfalls zum Planungsnullfall.

Das Ergebnis in Tabelle 25 zeigt, dass es in allen vier Planungsszenarien zu einer negativen Entwicklung gegenüber dem Planungsnullfall kommt (negativer Nutzen). Im Falle der Planungsfälle 1 und 3 sind für die negative Entwicklung vor allem die Flächennutzungskonflikte, welche durch die indirekten Landnutzungseffekte entstehen, von besonderer Bedeutung. Da dieser Aspekt auf die Planungsfälle 2 und 4 nur eine geringe Auswirkung hat und die Nutzwerte für die Ökosystemleistung ‚Erholung und Tourismus‘, die die Flächennutzungskonflikte mit dem Naturschutz widerspiegeln, laut Literatur sehr niedrig

ausfallen, bringen diese beiden Szenarien mit ihren direkten Landnutzungseffekten im Vergleich sogar mehr Nutzen mit sich als jene mit einem Schwerpunkt auf Umnutzungen.

**Tabelle 25: Volkswirtschaftlicher Wert des Teilökosystems Boden bei unterschiedlichen Ausprägungen der Bodennutzung im Planungsnullfall und seine Kosten- und Nutzeffekte bei der Umsetzung des „NÖ Energiefahrplans 2030“ im Jahr 2030**

Angabe in Tsd. €		Wert der Ökosystemleistungen im Planungsnullfall	Differenzwert der Ökosystemleistungen zum Planungsnullfall (Kosten- und Nutzeffekte der energetischen Biomassenutzung)			
			Planungsfall 1	Planungsfall 2	Planungsfall 3	Planungsfall 4
Volkswirtschaftliche Nutzwert für	Trinkwasser	69.558	1.700	2.635	713.390	364.274
	Nahrungsmittel- und Werkstoffproduktion	5.349.237	1.026.583	38.290	556.937	20.248
	CO <sub>2</sub> -Austoß	1.001.031	-2.074	42.408	18.245	68.136
	Wasserregulierung	15.993	421	904	1.060	986
	Kulturlandschaften und Kulturerbe	37.877	-57.259	103.025	147.955	513.643
	Erholung und Tourismus	683.137	433	1.468	364	1.460
	Bodenbildung	28.650	1.822	3.739	2.478	3.250
	Nährstoffkreislauf	2.110.143	134.160	275.350	135.588	239.316
	DIFFERENZ zum Planungsnullfall (NUTZEN)	0	1.105.786	467.819	1.576.017	1.211.313
	Volkswirtschaftliche Gesamtkosten	9.295.626	10.401.412	9.763.445	10.871.643	10.506.939

Quelle: Eigene Berechnungen, 2013.

Weiters zeigt die Analyse, dass trotz der großen Flächeninanspruchnahme die Szenarien mit ökologisch wertvoller Anbauweise (Planungsfall 1 und 2) aus volkswirtschaftlicher Sicht gesehen immer noch besser abschneiden als jene, die ihren Schwerpunkt auf hohe Ertragsmengen legen (Planungsfall 3 und 4).

Einzelne Wert mögen etwas Verwirrung stiften, zum Beispiel die Kosten- und Nutzeffekte des CO<sub>2</sub>-Austoßes. Dieser bringt nur im Planungsfall Nutzeffekte mit sich, in den anderen Planungsfällen handelt es sich um einen Kostenaspekt, was für ungewöhnlich erscheinen mag, da immer davon ausgegangen wird, dass die energetische Nutzung von Biomasse mit einer Verringerung der CO<sub>2</sub>-Emissionen sowie der gesamten Treibhausgasemissionen einhergeht. Dabei muss allerdings berücksichtigt werden, dass dies nur dann der Fall ist, wenn die Emissionen der erneuerbaren Energieträger verglichen werden mit den Emissionen fossiler Ressourcen. In dieser Arbeit soll aber, wie bereits in der Einleitung beschrieben, kein Vergleich zwischen erneuerbaren und fossilen Energieträgern stattfinden, sondern alleine die Wirkung des Anbaus von Biomasse zur energetischen Nutzung auf den Wert der Ökosystemleistungen des Bodens untersucht werden.

## 5.6 Abdiskontierung zukünftiger Nutzen und Kosten und Ermittlung des Nettonutzens

Die bis zu diesem Zeitpunkt ermittelten Kosten und Nutzen des erweiterten Biomasseanbaus zur Energiegewinnung beziehen sich statisch auf das Jahr 2030. Vor allem bei Eingriffen in die Umwelt, egal ob positiver oder negativer Art, werden die tatsächlichen Auswirkungen hingegen oft erst nach vielen Jahrzehnten spürbar. Bei der Durchführung einer NKA ist es daher notwendig, die ermittelten Nutzen und Kosten, die zu unterschiedlichen Zeitpunkten eintreffen können beziehungsweise anfallen werden, mithilfe eines angemessenen Zinssatzes auf einen gemeinsamen Zeitpunkt umzurechnen. Diesen Vorgang der Homogenisierung bezeichnet man als Diskontierung (Hanusch, 2011, S. 101).

Diskontiert wird im Normalfall auf den Gegenwartswert, wodurch in weiterer Folge das Problem entsteht, dass Zukunftsschäden schwächer ins Gewicht fallen. Bei zu hoch angesetzten Diskontierungsraten kann es deshalb zu negativen Auswirkungen für zukünftige Generationen kommen. Vor allem Umweltauswirkungen machen sich jedoch erst sehr spät bemerkbar, weshalb die Wahl der Diskontrate daher gut überlegt sein sollte, um den zukünftigen Entwicklungen gebührend Rechnung tragen zu können.

Die mit dem Anbau von Biomasse verbundenen ökologischen Auswirkungen reichen weit in die Zukunft. Da es für wichtig angesehen wird, die zukünftigen Generationen entsprechend zu berücksichtigen, wird eine niedrige Diskontrate von 1% als gerechtfertigt angesehen. Die Laufzeit wird darauf aufbauend auf 75 Jahre festgelegt. Durch diese niedrige Diskontrate wird gegenüber einer hohen Rate eine höhere Rentabilität gewährleistet, jedoch birgt sie die Gefahr in sich, dass die berücksichtigten Investitionen zu volkswirtschaftlichen Verlusten führen können.

Nachdem die Diskontrate und die Laufzeit bestimmt wurden, können in einem nächsten Schritt die ermittelten Nutzen und Kosten abdiskontiert werden. Auf Basis der diskontierten Werte wird anschließend der kumulierte Barwert errechnet. Dieser wird benötigt, um den Nettonutzen und das Nutzen-Kosten-Verhältnis (NKV) zu ermitteln. Diese beiden Indikatoren bilden die Entscheidungsgrundlage für die Beantwortung der Umsetzungsfrage aus volkswirtschaftlicher Sicht. Es gelten dabei die Regeln, dass der Nettonutzen größer Null und das NKV größer Eins sein muss, damit eine Umsetzung als sinnvoll erachtet wird und folglich mit einem positiven Nutzen verbunden ist.

Die Nutzen-Kosten-Analyse zur Frage des erweiterten Biomasseanbaus im Ausmaß der Zielsetzungen des „NÖ Energiefahrplan 2030“ kann allerdings in keinem Planungsfall einen dieser beiden Kriterien erfüllen (siehe Tabelle 26). Mit den geringsten negativen Auswirkungen ist unter den getroffenen Annahmen über die Entwicklung der Wirkungsgröße im Planungsfall 2 zu rechnen. Dieses Ergebnis ist allerdings zu hinterfragen, da im Grunde eine derartige Nutzung von Schutzgebieten immer als negativ zu bezeichnen ist. Ausschlaggebend für dieses Ergebnis sind, wie bereits erwähnt, die hohen volkswirtschaftlichen Kosten für den Ersatz der

Ökosystemleistung ‚Nahrungsmittel- und Werkstoffproduktion‘. Von besonderer Bedeutung ist dennoch die Tatsache, dass der Anbau von ökologisch wertvoller Biomasse trotz seines großen Flächenverbrauchs aus volkswirtschaftlicher Sicht besser abschneidet als die intensivierte Form mit ökologisch wertloser Biomasse.

**Tabelle 26: Entscheidungsindikatoren für die Beantwortung der Umsetzungsfrage**

	Planungsfall 1	Planungsfall 2	Planungsfall 3	Planungsfall 4
NKV	-0,12	-0,05	-0,17	-0,13
Nettogegegenwarts- wert in Tsd. €	-10.401.412	-9.763.445	-10.871.643	-10.506.939

Quelle: Eigene Berechnungen, 2013.

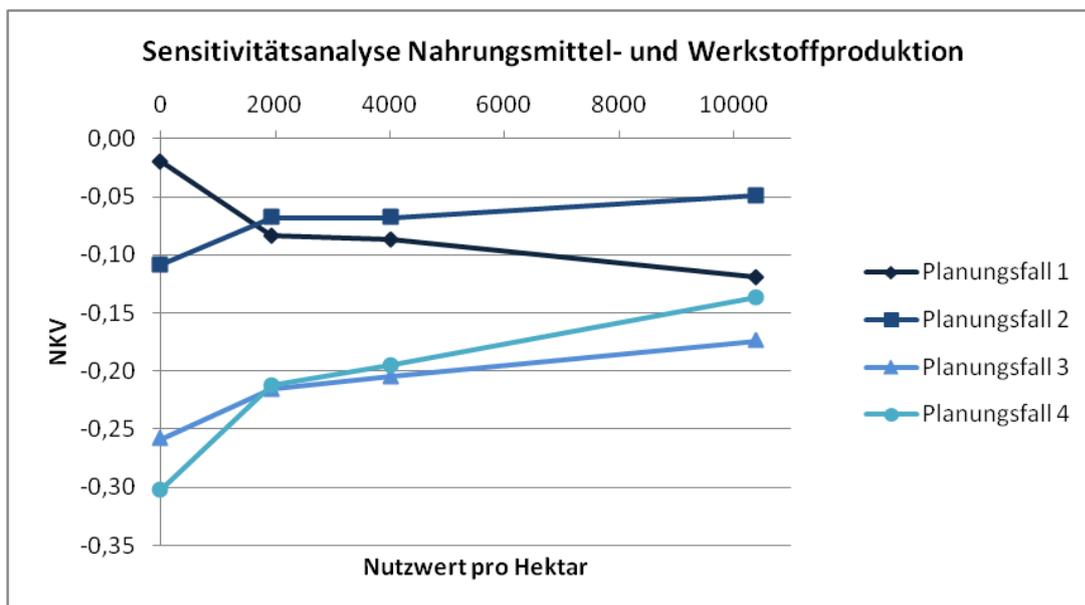
## 5.7 Sensitivitätsanalyse

Ein wichtiger Bestandteil der Nutzen-Kosten-Analyse ist die Sensitivitätsanalyse. Dadurch werden gewisse Unsicherheiten, die durch getroffene Annahmen entstehen können, auf ihr Gewicht überprüft. Das Ziel dabei ist es zu untersuchen, wie sensibel das Gesamtergebnis auf Änderungen der Eingabeparameter reagiert.

Durch die Tatsache, dass vor allem die Ökosystemleistung ‚Nahrungsmittel- und Werkstoffproduktion‘ bei jenen Planungsfällen mit indirekten Landnutzungseffekten einen derart großen Teil der Erhaltungskosten einnimmt, bietet sich dieser Bereich hervorragend für die Durchführung einer Sensitivitätsanalyse an. Dafür werden vier verschiedene Varianten der Erhaltungskosten pro Hektar land- und forstwirtschaftlicher Produktion bestimmt.

Das Ergebnis der Sensitivitätsanalyse in Abbildung 15 zeigt allerdings, dass sich das Nutzen-Kosten-Verhältnis nur geringfügig verändert. Der größte Unterschied zur ursprünglichen Variante (die Erhaltungskosten liegen dabei bei ca. 12.500€) entsteht, wenn die Ökosystemleistung gar nicht berücksichtigt wird, d.h. ihre Erhaltungskosten auf 0€ festgelegt werden. Trotzdem bleibt das NKV negativ und eine Umsetzung des Projekts kann aus Sicht der quantifizierten ökologischen und monetarisierten Kosten weiter hin für keinen der Planungsfälle empfohlen werden.

Abbildung 15: Sensitivitätsanalyse Nahrungsmittel- und Werkstoffproduktion

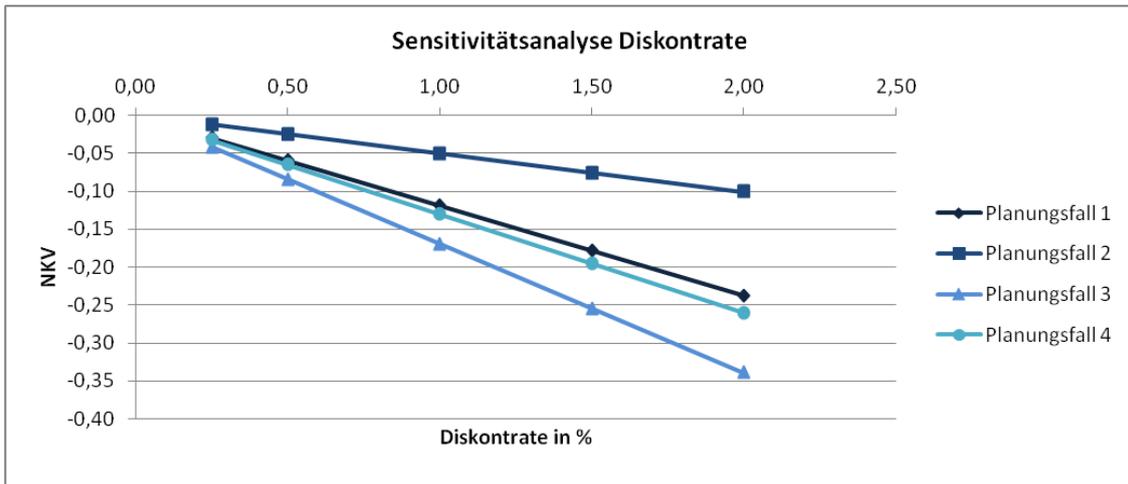


Quelle: Eigene Berechnungen und Darstellung, 2013.

Eine weitere Sensitivitätsanalyse wird schließlich auch für die Wahl der Diskontrate durchgeführt. Begründet wird dies dadurch, dass die Diskontierung im Allgemeinen in der Ökonomie von vielen Seiten kritisiert wird und mit ihrer Hilfe bestimmt wird, inwieweit das Wohl der zukünftigen Generationen in die Entscheidung mit einbezogen wird.

Das Ergebnis dieser Sensitivitätsanalyse (siehe Abbildung 16) zeigt ebenfalls nur geringe Schwankungen des Nutzen-Kosten-Verhältnisses auf. Je höher die Diskontrate allerdings gewählt wird, desto negativer wird das Verhältnis. Wiederum kann in keinem Planungsfall eine Umsetzung begrüßt werden.

Abbildung 16: Sensitivitätsanalyse Diskontrate



Quelle: Eigene Berechnungen und Darstellung, 2013.

## **5.8 Zusammenfassung und Reflexion über die gewonnenen Erkenntnisse**

Schon zu Beginn der Analyse war eindeutig, dass es mehrere Hürden geben wird, einerseits aufgrund der allgemein mäßigen Informationslage und andererseits wegen den grundsätzlichen Herausforderungen der Durchführung einer Nutzen-Kosten-Analyse.

Deshalb war es in diesem Fall von noch größerer Bedeutung, ein ausgeprägtes Wissen über die Ausgangssituation aufzuarbeiten. Es ging dabei vor allem um die Erarbeitung einer Art Standortbeschreibung zur besseren Abschätzung der Bodensituation in Niederösterreich. Der Untersuchungsraum ist jedoch sehr groß, er umfasst das gesamte Bundesland Niederösterreich, weshalb die Beschreibung auf einer sehr allgemeinen Ebene gehalten werden musste. Mit ähnlichen Problemen ist man im Zusammenhang mit den Zielsetzungen des „NÖ Energiefahrplans 2030“ zum Ausbau der energetischen Biomassenutzung konfrontiert. Nach der Schilderung der Ausgangslage konnte daher bereits die Aussage getroffen werden, dass mithilfe der Analyse und dem daraus resultierenden Ergebnis nur eher allgemeine Empfehlungen über die weitere Entwicklung des Biomasseanbaus abgegeben werden können.

Einen weiteren starken Einfluss auf das Ergebnis der Analyse haben die eigens getroffenen Annahmen über die zukünftigen Entwicklungen und die Umsetzungsmethoden zur Erreichung der getroffenen Zielsetzungen. Für diese NKA spielen hierbei vor allem die im theoretischen Teil der Arbeit erstellte ökologische Analyse und die Auflistung der Ertragsfähigkeit und Nutzungsmöglichkeiten ausgewählter Biomassetypen eine Rolle. Darüber hinaus ist anzuführen, dass diese Annahmen sehr variabel sind und unter dem Einfluss zukünftiger technologischer Entwicklungen liegen. Dieser Aspekt wurde jedoch nicht berücksichtigt.

Eine weitere Problematik stellt schließlich die Quantifizierung und die damit verbundene teilweise umstrittene Monetarisierung der Ökosystemleistungen dar. In diesem besonderen Fall wird die Problemstellung durch die Tatsache, dass sich der Untersuchungsraum über eine derartig große Fläche erstreckt, noch erschwert. Es müssen Verallgemeinerungen getroffen werden, die das Ergebnis stark beeinflussen können. Zusätzlich muss darauf geachtet werden, dass es zu keinen Doppelzählungen kommt, da gewisse Ökosystemleistungen über ein und dieselben Indikatoren bewertet werden können.

Die eben beschriebenen Herausforderungen und Problemstellungen sind wahrscheinlich maßgeblich dafür verantwortlich, dass das Ergebnis aus ökologischer Sicht gegen eine derartige Erweiterung des Biomasseanbaus spricht. Die starke Verallgemeinerung führt dazu, dass die Wirkungen teilweise stärker bewertet werden und somit zu diesem negativen Ergebnis führen. So wurden viele zusätzliche Aspekte außer Acht gelassen. Dazu zählen beispielsweise auch die Veränderung des Energieverbrauchs und der Energiepreise, die das Ergebnis möglicherweise maßgeblich beeinflussen könnten.

Es wird daher abschließend kurz geschildert, welche Aspekte zur Erstellung einer umfassenden Nutzen-Kosten-Analyse für den Ausbau Erneuerbarer Energien berücksichtigt werden müssten. Laut Breitschopf et al. (2012, S. 1f) können die Wirkungen eines Ausbaus Erneuerbarer Energien in folgende drei Wirkungskategorien eingeteilt werden, wobei die in dieser Arbeit durchgeführte Analyse der ersten Kategorie zuzuordnen ist:

- *Systemanalytische Kosten- und Nutzenwirkungen:* Es handelt sich hierbei um alle direkten und indirekten Kosten, die in Verbindung mit einem Ressourcenverbrauch stehen. Dazu zählen beispielsweise in Form von direkten Kosten die Investitionskosten für den Bau und die Betriebskosten. Indirekte Kosten entsprechen in diesem Zusammenhang den Folgekosten, die zum Beispiel für den Netzausbau benötigt werden. Die Nutzwirkungen ergeben sich im Gegensatz dazu aus dem ressourcenschonenden Verhalten sowie den vermiedenen Umweltschäden. Die Kosten und Nutzen können für sich aggregiert und schließlich einander gegenübergestellt werden.
- *Verteilungs- und Preiseffekte:* Darunter versteht man keinen gesamtwirtschaftlichen Ressourcenverbrauch im eigentlichen Sinne, sondern den Einfluss der energetischen Biomassenutzung auf die einzelwirtschaftlichen Mehr- oder Minderkosten. Es wird folglich auf die mögliche Be- und Entlastung verschiedener Bevölkerungsgruppen beziehungsweise des Staates Rücksicht genommen, die durch mögliche Preiseffekte entstehen können. Ihre Wirkung kann allerdings nicht zu einer Gesamtgröße zusammengefasst werden.
- *Makroökonomische Effekte:* Sie „umfassen gesamtwirtschaftliche Indikatoren wie Investitionen, Umsatz, Importe, Bruttoinlandsprodukt und Beschäftigung.“ (Breitschopf et al., 2012, S. 1) Für ihre Erfassung ist es notwendig gesamtwirtschaftliche Modelle heranzuziehen, die die vielfältigen wirtschaftlichen Vernetzungen zwischen den Akteuren und Wirtschaftszweigen darstellen. Es handelt sich dabei allerdings um ein relativ kompliziertes Modell, das es nicht immer ermöglicht, Aussagen über sämtliche Be- und Entlastungen der unterschiedlichen Akteurs- und Bevölkerungsgruppen zu treffen.

Aus der Reflexion lässt sich bereits gut herauslesen, dass es einige Verbesserungsmöglichkeiten gibt, wie eine Analyse über die volkswirtschaftlichen Wirkungen der erweiterten Biomassenutzung zur Energiegewinnung durchgeführt werden sollte. Etwas umfassender beschreiben die Ausführungen im nachfolgenden Kapitel sowohl zum einen Empfehlungen über den allgemeinen Umgang mit dem Umweltgut Boden und seiner Einbeziehung in wirtschaftliche und politische Entscheidungsprozesse, als auch zum anderen allgemeine Grundsätze bezüglich des Ausbaus der energetischen Biomassenutzung und einer Anwendung einer Nutzen-Kosten-Analyse in diesem Zusammenhang.

## **6 Empfehlungen für die weitere Vorgehensweise und Schlussfolgerungen**

Abschließend werden mithilfe des erarbeiteten theoretischen Wissens und dem Ergebnis der Analyse die wichtigsten Erkenntnisse zu Empfehlungen zusammengefasst. Diese beziehen sich sowohl auf den Umgang mit dem Umweltgut Boden im Allgemeinen, als auch auf die konkrete Umsetzung des „NÖ Energiefahrplan 2030“.

### **6.1 Entwicklungsempfehlungen für den Umgang mit dem Umweltgut Boden**

Der Boden ist eine der fundamentalen Lebensgrundlagen für die Menschheit. Er ermöglicht es uns, auf ihm die benötigten Nahrungsmittel anzubauen, er stellt die Trinkwasserversorgung sicher und zudem bewahrt er die Menschen durch seine teilweise hohe Speicherkapazität von Wasser vor manch einer Naturkatastrophe. Aktuell wird der Boden an sich mit samt seinen Leistungen jedoch kaum wertgeschätzt.

Vordergründig nimmt die Bevölkerung den Boden als Lebensgrundlage nur im Sinne der Bereitstellung von Flächen zum Bau von Eigenheimen und technischer Infrastruktur wahr. Für diese Bodennutzungen wird für Österreich von einem täglichen Flächenverbrauch von zirka 20 Hektar ausgegangen. Dieser Flächeninanspruchnahme fallen vor allem Ackerflächen zum Opfer, die von Baulandflächen umgenutzt werden. Aufgrund der Tatsache, dass die Fläche, die für die Landwirtschaft und das Siedlungswesen in Betracht kommen, im Vergleich mit der Gesamtfläche relativ gering ist, muss der tägliche Flächenverbrauch daher im Sinne der Nachhaltigkeit unbedingt reduziert werden. Immer wieder wird in politischen Dokumenten die Zielsetzung zur Reduzierung dieses Flächenverbrauchs festgelegt. Dabei wird allerdings in keinerlei Hinsicht auf die Qualität des verbrauchten Bodens sowie die mit ihm in Verbindung stehenden Ökosystemleistungen Rücksicht genommen. Auf Basis dieser Erkenntnisse lässt sich eine gewisse Problematik der Begrifflichkeit feststellen. Die Begriffe Boden und Fläche können nicht synonym verwendet werden, da sich hinter dem Begriff Boden viel mehr versteckt, als nur eine zweidimensionale Ebene. Deshalb ist es auch nicht möglich die sogenannten ‚Bodenpreise‘ (eigentlich Flächenpreise) für Bauflächen oder für Standorte zur Rohstoffgewinnung mit den tatsächlichen ‚Bodenpreisen‘ für die Ökosystemleistungen zu vergleichen. Zudem muss angemerkt werden, dass die Preise für die genannten Nutzungen immer viel höher sind als jene für natürlichen ungenutzten Boden (Lebensministerium, 2013, S. 18).

Zur Lösung dieser Problematik wird daher empfohlen, das Umweltgut Boden auf seine Funktionen zu untersuchen und somit in der Bevölkerung ein verstärktes Bewusstsein über die ökologische Bedeutung des Bodens aufzubauen. Vor allem aber in den Alltag der Raumplanung soll diese Betrachtungsweise Einzug halten. Von besonderem Vorteil wäre hierbei eine allgemein gültige Betrachtungs- und Bewertungsmethode des Bodens und seiner Leistungen.

Österreich hat in dieser Hinsicht auf europäischer Ebene bereits einen mehr oder weniger einzigartigen Grundstein gelegt. Im Februar 2013 veröffentlichte das Lebensministerium in Zusammenarbeit mit dem Österreichischen Normungsinstitut die Broschüre „Bodenfunktionsbewertung: Methodische Umsetzung der ÖNORM L 1076“. Mithilfe dieser ÖNORM und der Anleitung in der Broschüre soll eine einheitliche Bodenbewertung ermöglicht werden. Die Bewertung dient wiederum dazu, die Integration des Schutzgutes Boden in die Planungsprozesse miteinzubeziehen und ein Bewusstsein über die Bodenfunktionen aufbauen zu können (Lebensministerium, 2013, S. 9). Besonderes Ziel der Bodenbewertungsanleitung ist das Aufzeigen von Raumwiderständen, die das Konfliktpotential gegenüber baulichen oder vergleichbaren Nutzungen angeben.

Diese einheitlich festgelegte, auf ökologischen Grundlagen basierende Funktionsbewertung des Bodens soll in weiterer Folge nicht nur im Bereich der Ausweitung der Erneuerbaren Energieträger Anwendung finden, sondern als Grundlage für jeglichen Planungsfall zur Verfügung stehen. Das bedeutet, dass mit Orientierung an den Zielen und Plänen beispielsweise des Landes Oberösterreich eine Bodenfunktionsbewertung für das gesamte Land durchgeführt wird und als Planungsgrundlage für jeden gratis zur Verfügung gestellt wird.

Folgende Neuerungen sollten daher in Zukunft im Planungsprozess etabliert werden (Lebensministerium, 2013, S. 18ff):

1. Erarbeitung zielgerichteter Maßnahmen, die die unterschiedliche Qualität der Böden berücksichtigen und die Entwicklung auf die ‚weniger‘ schützenswerten Böden forciert und somit die ‚besonders‘ schützenswerten Böden vor einem ‚Verbrauch‘ bewahren. Es ist dabei durchaus erstrebenswert, die Zielsetzungen mit qualitativen und quantitativen Angaben zu untermauern.
2. Detaillierte Standortuntersuchung des Gebiets auf die Verteilung der Böden und ihrem Funktionserfüllungsgrad.
3. Es soll zu einer Weiterführung des Bodenschutzes auch nach der Planungsentscheidung kommen. Das bedeutet eine Etablierung des Bodenschutzes auch in der Bauplanung möglicherweise in Form einer bodenkundlichen Baubegleitung.
4. Begleitung jeglichen Eingriffs in die Bodenfunktion unterschieden nach dem Ausmaß der Beeinträchtigung durch Vermeidungs-, Minderungs- oder Ausgleichsmaßnahmen.

## 6.2 Empfehlungen für die Umsetzung des „NÖ Energiefahrplan 2030“

Bei den Empfehlungen für die Umsetzung des „NÖ Energiefahrplan 2030“ muss unterschieden werden in allgemeine Grundsätze für die Weiterentwicklung der Energiegewinnung mittels Biomasse und den konkreten Empfehlungen für die Anwendung einer Nutzen-Kosten-Analyse in diesem Zusammenhang.

### 6.2.1 Allgemeine Grundsätze

Die Ergebnisse des gerade veröffentlichten Potentialatlas für Erneuerbare Energieträger durch die Agentur für Erneuerbare Energien in Deutschland zeigt ein Ausbaupotential auf. Hierbei muss allerdings verdeutlicht werden, dass diese Potentiale von Region zu Region unterschiedlich sind. Des Weiteren gilt es hervorzuheben, dass der Einsatz von Biomasse vor allem dann als sinnvoll erachtet wird, wenn sie als ‚Lückenfüller‘ eingesetzt wird. Es sollen folglich die Lager- und Transportfähigkeit der zu Gas umgewandelten Biomasse ausgenutzt werden, um die Schwankungen der Stromerträge der Erneuerbaren Energieträger Wind, Wasser und Sonne ausgleichen zu können (TAZ, 2013, online). Vorteile bringt die Biomasse auch aufgrund seiner vielfältigen Nutzungsmöglichkeiten mit sich.

Von besonderer Bedeutung ist auch die Tatsache, dass es nicht das primäre Ziel sein sollte noch mehr Energie zu erzeugen, sondern das Hauptaugenmerk auf die Reduzierung des Energieverbrauchs und die Steigerung der Energieeffizienz zu legen. Bei der derzeitigen Entwicklung des Energieverbrauchs kann auch durch den Umstieg auf erneuerbare Energie keine Verbesserung der Umweltsituation gewährleistet werden. Die Reihung der Zielsetzung sollte daher wie folgt lauten:

1. Reduzierung des Energieverbrauchs,
2. Steigerung der Energieeffizienz,
3. Forcierung der Energiegewinnung mittels Erneuerbarer Energieträger.

Diese Rangordnung der Energieziele wirkt sich des Weiteren auf die Schwerpunktsetzung in der Forschung aus. Primär wird folglich die Forschung im Bereich der Möglichkeiten zur Senkung des Energieverbrauchs und der Energieeffizienzsteigerung angesetzt und forciert. Damit ist jedoch der Vorteil verbunden, dass relativ viel Zeit zur Verfügung steht, um die derzeit noch teilweise unausgereiften Methoden der Energiegewinnung mittels Biomasse weiterzuentwickeln und möglicherweise eine Anbauvariante zu erforschen, welche sowohl aus wirtschaftlicher als auch aus ökologischer Sicht überwiegend Vorteile mit sich bringt.

Zusammengefasst und erweitert lauten die Prinzipien, die zur Umsetzung einer natur- und klimaschonenden Biomassenutzung verfolgt werden sollten, wie folgt (Faulstich et al., 2008, S. 177; Peters et al., 2010, S. 8; Rode et al., 2005, S. 156 u. S. 142):

1. Schonung der natürlichen Ressourcen durch eine sparsame und effiziente Energieerzeugung und -nutzung mit der primären Zielverfolgung eines Rückgangs des Energieverbrauchs und der Effizienzsteigerung,

2. Biomasseanbau unter dem Motto „Vielfalt auf dem Acker erzeugt Vielfalt in der Landschaft“ und somit der Nutzung eines möglichst breiten Spektrums energetisch nutzbarer Biomasse (z.B. in Form eines Zweikulturennutzungssystems oder Kurzumtriebsplantagen mit mehreren Wachstumsphasen, etc.),
3. Nutzung des bei der Pflege von Biototypen und Schutzgebieten anfallenden Schnittgutes zur teilweisen Abdeckung der Pflegekosten,
4. Anwendung des Low-Input-Low-Outputs Prinzips auf ertragsschwachen Flächen und somit eine Verbindung von landschaftspflegerischen Aufgaben mit der Erzielung von wirtschaftlichen Erträgen zu schaffen.
5. Umwandlung der Energieträger in Strom, Wärme oder Kraftstoff auf möglichst direktem Weg, um Verlust zu vermeiden (z.B. Holz zu Wärme und nicht Biomass to Liquide),
6. Ausbau der dezentralen Energieversorgung, die im Rahmen gekoppelter Kraft-Wärme-Nutzungsanlagen die meisten Einsparungspotenziale bezüglich Treibhausgase mit sich bringt und zusätzlich die regionalen und lokalen Stoffkreisläufe anregt.

Zur weiteren Vertiefung über den Umgang mit Biomasse zur Energieerzeugung wird empfohlen, sich dem Kapitel 11 ‚Zusammenfassung, Ausblick und Empfehlungen‘ der gutachtlichen Stellungnahme des Deutschen Rats für Landschaftspflege zum Thema „Die Auswirkungen erneuerbarer Energien auf Natur und Landschaft“ anzunehmen.

### **6.2.2 Anwendung einer Nutzen-Kosten-Analyse zur Bewertung des Erneuerbaren Energieträgers Biomasse**

Für zukünftige Nutzen-Kosten-Analysen zur Bewertung des Erneuerbaren Energieträgers Biomasse sollten folgende Grundsätze besonders berücksichtigt werden:

- *Detaillierte Standortuntersuchung* mithilfe der vom Lebensministerium entwickelten Bodenfunktionsbewertung zur Bildung einer optimalen Bewertungsgrundlage.
- Ausschließliche *Quantifizierung und Monetarisierung jener Wirkungen*, die sich nachweisbar und auch *nachvollziehbar quantifizieren* lassen. Sollte dies nicht der Fall sein, wird eine qualitative Beschreibung der Wirkungen bevorzugt.
- Hinweis bei der *Monetarisierung*, dass es sich überwiegend um *Abschätzungen der Werte* handelt und nicht um tatsächliche Marktpreise. Damit verbunden werden sollte eine ausführliche Beschreibung der Ermittlung der jeweiligen Werte zum besseren Verständnis für die Planer und die Bevölkerung.
- *Berücksichtigung der indirekten Landnutzungsänderungen* bei der Bewertung der Auswirkungen zur Verringerung des Risikos der Flächennutzungskonflikte durch den Anbau von Biomasse auf Ackerflächen, die ursprünglich der Nahrungsmittelproduktion dienen. Gleiches gilt für die Flächennutzungskonflikte mit dem Naturschutz und somit der Zerstörung ökologisch wertvoller Flächen durch die Umnutzung zum Anbau von Biomasse (TAZ, 2013, online).

Vor der Anwendung einer Nutzen-Kosten-Analyse sollte diese allerdings auf ihre Sinnhaftigkeit zur Erfüllung der Zielsetzungen überprüft werden. Unter bestimmten Voraussetzungen kann es durchaus von Vorteil sein, sich einer anderen Wirkungsanalyse zu bedienen, mithilfe derer bessere Ergebnisse ermittelt werden können.

### 6.3 Abschließende Schlussfolgerung

Es ist unumstritten, dass aufgrund der aktuellen Klimasituation die Umsetzung einer Energie-revolution dringend notwendig ist. Darüber hinaus sind natürlich die immer knapper werdenden fossilen Ressourcen ein weiterer bedeutender Faktor, die eine Neuerung im Bereich der Energieproduktion unumgänglich machen. Hier kommen nun die Erneuerbaren Energieträger zum Zug.

In den letzten eineinhalb Jahrzehnten wurde der Ausbau der grünen Energie massiv forciert und somit sowohl auf politischer als auch wirtschaftlicher Seite ein klimaschonendes Handeln propagiert. Nimmt man jedoch einige Projekte genauer unter die Lupe, wird ersichtlich, dass Maßnahmen, die für den Klimaschutz gesetzt werden, teilweise sogar mehr Natur, Pflanzen- und Tierarten zerstören, als der Klimawandel selbst. Die Vorteile der Erneuerbaren Energieträger sollten daher mit Vorsicht genossen werden, denn ob sie tatsächlich mit positiven Wirkungen verbunden sind hängt nicht vom Energieträger ab, sondern von ihrer Nutzung und ihrer Herkunft (Produktion) (Kreuz&Quer, 2013).

Hauptkritikpunkte aus ökologischer Sicht sind derzeit die großen Staudammprojekte im Amazonasgebiet in Brasilien und im Tigris in der Türkei, wodurch nicht nur die natürlichen Lebensgrundlagen vieler Pflanzen- und Tierarten, sondern auch das Zuhause vieler Tausender Menschen gefährdet oder sogar zerstört werden. Doch nicht nur die Wasserkraft steht großen Gegenbestrebungen gegenüber, sondern auch die Energiegewinnung durch Biomasse. Als kleines Negativbeispiel soll die nachfolgend erläuterte Situation dienen: Viele der Bauern steigen aufgrund höherer wirtschaftlicher Erträge auf den Anbau von Mais zur Biogasproduktion um. Die Milchbauern können sich folglich den Mais aus der Region nicht mehr leisten und müssen Futtermittel zukaufen, darunter auch Soja. Zur Produktion von Soja wurden jedoch in den letzten Jahren immer mehr Regenwaldflächen gerodet. Somit werden wiederum mehr Klimaschäden produziert als reduziert (Kreuz&Quer, 2013).

Im Vordergrund liegt daher nicht, DASS Biomasse zur Energieerzeugung angebaut wird, sondern WIE der Anbau erfolgt. Aber auch, dann ist noch nicht gesichert, dass die klimaschonenden Wirkungen größer sind als die klimazerstörenden. Bevor daher eine Ausweitung des Biomasseanbaus als Ziel gesetzt wird, benötigt es eines sozialen und wirtschaftlichen Umdenkens in der Gesellschaft. Allem voran steht dabei der Verzicht beziehungsweise die Verringerung der Ansprüche zur materiellen Selbstverwirklichung. Damit eng verbunden ist ein Stopp des ständigen Wachstums, denn wo kein Raum ist kann auch nichts wachsen (Kreuz&Quer, 2013). Mit dieser Meinung stimmt auch das Ergebnis der Studie „Save our Surface“ überein. Diese beschäftigte sich damit, wie sich Österreich bis 2050 mit Lebensmitteln und Energie aus Biomasse selbstversorgen kann. Ihr Fazit lautet: Der soziale und wirtschaftliche Wandel zu einer solidarischen Postwachstumsgesellschaft, bei der Gemeingüter und solidarische Ökonomien im Mittelpunkt stehen, könnte eine völlige Autonomie Österreichs möglich machen (ORF Wien, 2012, online).

Das negative Ergebnis der Nutzen-Kosten-Analyse unterstreicht die eben beschriebenen Tatsachen noch einmal. Allerdings ist anzumerken, dass sich das negative Ergebnis der NKA vor allem daraus ergibt, dass der Erneuerbare Energieträger Biomasse auf Flächen angebaut wird, die derzeit eine Reihe wertvoller Ökosystemleistungen erbringen. Diese Leistungen werden jedoch stets maßgeblich durch verstärkten Biomasseanbau eingeschränkt – in einem Ausmaß, welches die ökologisch positiven Wirkungen der Biomasse übersteigt.

Es sind noch viele Entwicklungsschritte notwendig bis das Nutzen-Kosten-Verhältnis einen positiven Wert annimmt. Bei einer zukünftigen Durchführung einer Nutzen-Kosten-Analyse in diesem Bereich sollte darüber hinaus versucht werden, möglichst alle Wirkungszusammenhänge, wenn auch teilweise nur qualitativ, zu erfassen, um ein repräsentatives Ergebnis zu erhalten. Um jedoch alle Einflussfaktoren abschätzen zu können, benötigt es einer engen Zusammenarbeit einer Vielzahl an Fachbereichen. Durch diese Kooperation wird schließlich auch eine höhere Akzeptanz bei der Umsetzung vermutet.

Abschließend sollte angemerkt werden, dass mit dieser Arbeit nicht die Aussage getroffen werden soll, dass der Ausbau von Erneuerbaren Energieträgern nicht stattfinden soll, sondern nur aufgezeigt werden, dass derzeit noch ein großes Konfliktpotential besteht. Es wird daher die Empfehlung ausgesprochen folgende drei Punkte, die es ermöglichen könnten, dass sich der Biomasseanbau positiv auf die Umwelt und deshalb auch auf das Umweltgut Boden auswirkt, umgesetzt werden sollen, um dementsprechend einen positiven volkswirtschaftlichen Nutzen zu erhalten:

1. *Sozialer Wandel*, der ein Ende des angestrebten ständigen Wachstums hervorruft,
2. *Reduzierung des Energieverbrauchs* und Steigerung der Energieeffizienz,
3. *Verstärkte Zusammenarbeit* der Akteure verschiedenster Fachgebiete (Raumplanung, Ökologie, Technik, etc.).

## 7 Quellenverzeichnis

### 7.1 Literaturverzeichnis

**AMT DER NÖ LANDESREGIERUNG** (2009), Umweltbericht des Landes Niederösterreich - Rückblick 2004-2009 und Perspektiven 2009-2012, St. Pölten.

**AMT DER NÖ LANDESREGIERUNG** (2010a), NÖ Energiefahrplan 2030, St. Pölten.

**AMT DER NÖ LANDESREGIERUNG** (2011a), Der Grüne Bericht 2011, St. Pölten.

**AMT DER NÖ LANDESREGIERUNG**, Geschäftsstelle für Energiewirtschaft (2010b), NÖ Energiebericht 2010, St. Pölten.

**AMT DER NÖ LANDESREGIERUNG**, Geschäftsstelle für Energiewirtschaft (2011b), NÖ Energiebericht 2011, St. Pölten.

**BLAAS, W., Gutheil, G.** (2012) Vorlesungsunterlagen zur Vorlesung „Ökonomische Wirkungen stadtentwicklungspolitischer Instrumente“, Beitrag zum Modul 1: Stadtentwicklung, Stadterneuerung, Stadtmarketing, Fachbereich für Finanzwissenschaften und Infrastrukturpolitik, TU Wien, Wien.

**BMLFUW** (2005), Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Weiterentwickelte Österreichische Strategie zur Umsetzung des Übereinkommens über die biologische Vielfalt, Wien.

**BOHNE, A., Kochmann, L., Universität Leipzig** (2008), Ökonomische Umweltbewertung und endogene Entwicklung peripherer Regionen – Synthese einer Methodik und einer Theorie, Leipzig.

**BOHUNOVSKY, L., Stocker, A., Hinterberger, F., Großmann, A., Ingo, M., Hutterer, H., Madlener, R.** (2010), Volkswirtschaftliche Auswirkungen eines nachhaltigen Energiekonsums, Wien.

**BOHUNOVSKY, L., Stocker, A., Hinterberger, F., Großmann, A., Ingo, M., Hutterer, H., Madlener, R., Klima- und Energiefonds, Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft mbH** (2010), Volkswirtschaftliche Auswirkungen eines nachhaltigen Energiekonsums, Wien.

**BOSCH, S., Peyke, G.** (2011), Gegenwind für die Erneuerbaren – Räumliche Neuorientierung der Wind-, Solar- und Bioenergie vor dem Hintergrund einer verringerten Akzeptanz sowie zunehmender Flächennutzungskonflikte im ländlichen Raum, Raumforschung und Raumordnung, Bd. 69, Heft 2, S. 105-118.

**BOYLE, K.J., Bergstrom, J.C.** (1992), Benefit transfer studies: Myths, pragmatism, and idealism, Water Resources Research, Bd. 28, Heft 3, S. 657-663.

- BROOKSHIRE**, D.S., Neill, H.R. (1991), Benefit transfers: Conceptual and empirical issues, Water Resources Research, Bd. 28, Heft 3, S. 651-655.
- BURGER**, F. (2004), Ökologische Auswirkungen von Energiewäldern, Bornimer agrartechnische Berichte, Heft 35, Potsdam-Bornim.
- DE GROOT**, R., Fisher, B., Christie, M. (2010), The Economics of Ecosystems and Biodiversity: The Ecological and Economic Foundations, Integrating the ecological and economic dimensions in biodiversity and ecosystem service valuation, London.
- DE GROOT**, R., Wilson, M., Boumans, R. (2002), A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services, Ecological Economics, Vol. 41, No. 3, S. 393-408.
- DÖBERL**, G., Ortman, M., Umweltbundesamt (2010), Umweltökonomische Bewertung von Maßnahmen an kontaminierten Standorten, Endbericht zum Arbeitspakete 7 des Projektes „Altlastenmanagement 2010“, Wien.
- DRL** (Deutscher Rat für Landschaftspflege), Wurzel, A., Petermann, R., (2006), Die Auswirkungen erneuerbarer Energien auf Natur und Landschaft, Meckenheim.
- EUROPÄISCHE KOMMISSION** (2006a), Thematische Strategie für den Bodenschutz, KOM(2006)231, Brüssel.
- EUROPÄISCHE KOMMISSION** (2006b), Thematische Strategie für den Bodenschutz – Begleitdokument, SEK(2006)1165, Brüssel.
- EUROPÄISCHE KOMMISSION** (2009), Ökosystemgüter und –leistungen, Brüssel.
- EUROPÄISCHE KOMMISSION** (2011), Lebensversicherung und Naturkapital: Eine Biodiversitätsstrategie der EU für das Jahr 2020, KOM(2011) 244, Brüssel.
- EUROPÄISCHE KOMMISSION** (2012), Die Umsetzung der Thematischen Strategie für den Bodenschutz und laufende Maßnahmen, COM(2012) 46, Brüssel.
- FAULSTICH**, M., Greiff, K. (2008), Klimaschutz durch Biomasse – Ergebnisse des SRU-Sondergutachtens 2007, Umweltwissenschaften und Schadstoff-Forschung, Bd. 20, Heft 3, S. 171-179.
- FRITSCH**, U., Dehoust, G., Jenseit, W., Verbundprojekt gefördert vom BMU im Rahmen des ZIP, Projektträger: FZ Jülich (2004), Stoffstromanalyse zur nachhaltigen energetischen Nutzung von Biomasse, Darmstadt, Berlin, Oberhausen, Leipzig, Heidelberg, Saarbrücken, Braunschweig, München.
- FSV** (2010), Österreichische Forschungsgesellschaft Straße, Schiene, Verkehr, Nutzen-Kosten-Untersuchungen im Verkehrswesen, RVS 02.01.22, Wien.

- GARROD**, G.; Willis, K.G. (1999), Economic valuation of the environment: Methods and case studies, Cheltenham.
- GERDES**, H., Naumann, S., Landgrebe, R., Stupak, N., Ecologic Institut (2010), Ökonomische Bewertung der ökologischen Funktionen von Böden – I. Projektphase: Auswertung der Literatur- und Datenlage, Berlin.
- GETZNER**, M., Jungmeier, M., Köstl, T., Weiglhofer, S. (2011), Fließstrecken der Mur - Ermittlung der Ökosystemleistungen – Endbericht. Studie im Auftrag von: Landesumweltschutz Steiermark, Bearbeitung: E.C.O. Institut für Ökologie, Klagenfurt.
- GÖRLACH**, B., Landgrebe-Trinkunaite, R., Interwies, E., Bouzit, M., Darmendrail, D., Rinaudo, J.-D., Ecologic Institut (2004), Assessing the Economic Impacts of Soil Degradation, Volume III: Empirical Estimation of the Impacts, Study commissioned by the European Commission, DG Environment (ENV.B.1/ETU/2003/0024), Berlin.
- GRÊT-REGAMEY**, A., Rabe, S.-E., Crespo, R., Ryffel, A., Planning of Landscape and Urban Space, ETH Zürich (2012), Der Wert der Biodiversität gemessen an Ökosystemleistungen von extensiv bewirtschaftetem Grünland, Endbericht, Zürich.
- HACKL**, F., Pruckner, G., Universität Linz (1995), Der Wert der Natur – Eine ökonomische Bewertung des Nationalparks Kalkalpen, Wirtschaftspolitische Blätter, Linz.
- HANSJÜRGENS**, B., Herkle, S., Bundesamt für Naturschutz (2012), Der Nutzen von Ökonomie und Ökosystemleistungen für die Naturschutzpraxis, Bonn.
- HANUSCH**, H. (2011), Nutzen-Kosten-Analyse, München.
- HARRIS**, D., Crabtree, B., King, J., Newell-Price, P., ADAS (2006): Economic Valuation of Soil Functions, Phase 1: Literature Review and Method Development, im Auftrag von DEFRA, Wolverhampton.
- HARTMANN**, H., Kaltschmitt, M. (2002), Biomasse als erneuerbarer Energieträger - Eine technische, ökologische und ökonomische Analyse im Kontext der übrigen erneuerbaren Energien, Schriftenreihe „Nachwachsende Rohstoffe“ Bd. 3, 2. Aufl. Landwirtschaftsverlag, Münster, 692 S.
- HUTTERER**, H., Brunner, P.H., Schönback, W. (2000), Bewertung abfallwirtschaftlicher Maßnahmen mit dem Ziel der nachsorgefreien Deponie (BEWEND), Endbericht Version 3, Wien.
- KALTSCHMITT**, M., Reinhardt, G. (1997), Nachwachsende Energieträger: Grundlagen, Verfahren, Ökologische Bilanzierung, Braunschweig.

- KANNING**, H. Buhr, N., Steinkraus, K. (2009), Erneuerbare Energien—Räumliche Dimensionen, neue Akteurslandschaften und planerische (Mit) Gestaltungspotenziale am Beispiel des Biogaspfades, Raumforschung und Raumordnung, Bd. 67, Heft 2, S. 142-156.
- KANTELHARDT**, J., Hübner, R. (2010), Monetäre Bewertung landwirtschaftsbezogener Ökosystemleistungen, Agrarische Rundschau, Bd. 6, S. 20-23.
- LEBENSMINISTERIUM** (2010), Die Umweltgesamtrechnung in Österreich, Wien.
- LEBENSMINISTERIUM** (2013), Bodenfunktionsbewertung: Methodische Umsetzung der ÖNORM L 1076, Wien.
- LEHR**, U., Lutz, Ch., Pehnt, M., Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforchung, Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg (2012), Volkswirtschaftliche Effekter der Energiewende: Erneuerbare Energien und Energieeffizienz, Osnabrück.
- LIEBE**, U., Meyerhoff, J., Johannes-Gutenberg Universität Mainz, Technische Universität Berlin (2005), Die monetäre Bewertung kollektiver Umweltgüter – Theoretische Grundlagen, Methoden und Probleme, Working Paper on Management in Environmental Planning, Mainz, Berlin.
- MA** (Millennium Ecosystem Assessment) (2005), Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis, Island Press, Washington, DC.
- MARGGRAF**, R., Bäuer, I., Fischer, A. (2005), Ökonomische Bewertung bei umweltrelevanten Entscheidungen, Metropolis-Verlag, Göttingen.
- MEYERHOFF**, J., Institut für Ökologische Wirtschaftsforschung (1998), Ökonomische Bewertung ökologischer Leistungen, Berlin.
- MULL**, J. (1996) Dissertation, Kostenwirksamkeitsbetrachtungen bei der Sanierung ckw-emittierender Altlasten – Ansätze für eine nutzungsorientiertes Grundwassermanagement auf regionaler Ebene, Hannover.
- NÖ BSG 2005**, NÖ Bodenschutzgesetz, Landesgesetz mit dem vor allem die landwirtschaftlichen Bodennutzungsmöglichkeiten beschrieben wird sowie Verbote in der Bodennutzung aufgezeigt werden, LGBl. 6160-4.
- NÖ BSG 2011**, NÖ Raumordnungsgesetz 1976, Landesgesetz über die Aufgaben und Leitlinien der Raumordnung, LGBl. 8000-24.
- PETERS**, W., Schultze, Ch., Schümann, K., Stein, S., Bundesamt für Naturschutz (2010), Bioenergie und Naturschutz - Synergien fördern, Risiken vermeiden, Bonn.

- PIMENTEL**, D., Wilson, C., McCullum, C., Huang, R., Dwen, P., Flack, J., Tran, Q., Saltman, T., Cliff, B. (1997), Economic and Environmental Benefits of Biodiversity, BioScience, Bd. 47, Heft 11, S. 747- 757.
- RODE**, M., Schneider, C., Ketelhake, G., Reißhauer, D., Bundesamt für Naturschutz (2005), Naturschutzverträgliche Erzeugung und Nutzung von Biomasse zur Wärme-und Stromgewinnung, Bonn.
- RVS 02.01.22** (Richtlinie und Vorschriften für den Straßenbau), Österreichische Forschungsgesellschaft Straße-Schiene-Verkehr (2010), Nutzen-Kosten-Untersuchungen im Verkehrswesen, Wien.
- SCHEFFER**, F., Schachtschabel, P., Blume, H.-P., Brümmer, G., Horn, R., Kandeler, E., Kögel-Knabner, I., Kretschmar, R., Stahr, K., Wilke, B.-M. (2010), Lehrbuch der Bodenkunde, Heidelberg.
- STATISTIK AUSTRIA** (2010), Standard-Dokumentation Metainformationen (Definitionen, Erläuterungen, Methoden, Qualität) zu der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung VGR – Jahresrechnung, Wien.
- STATISTIK AUSTRIA**, Direktion Raumwirtschaft Bereich Energie und Umwelt (2011), Standard-Dokumentation Metainformationen (Definitionen, Erläuterungen, Methoden, Qualität) zu den Energiebilanzen für Österreich und die Bundesländer, Wien.
- STEININGER**, K., Kettner, C., Kufleitner, A., Loibnegger, Th., Pack, A., Schleicher, S., Töglhofer, Ch., Trink, Th., Wegener Zentrum für Klima und Globalen Wandel, Karl-Franzens-Universität Graz (2008), Volkswirtschaftliche Effekte einer erweiterten Biomasse-Energie-Nutzung in der Energieregion Oststeiermark, Graz.
- SÜDWIND FORSCHUNGSINSTITUT** (2011), Studie: Land Grabbing (im Auftrag von FAIR TRADE Österreich), Wien.
- TEEB** (The Economics of Ecosystems and Biodiversity), Sukhdev, P., Wittmer, H., Schröter-Schlaack, Ch., Neshhöver, C., Bishop, J., Ten Brink, P., Gundimeda, H., Kumar, P., Simmons, B., Neuville, A. (2010) Die Ökonomie von Ökosystemen und Biodiversität: Die ökonomische Bedeutung der Natur in Entscheidungsprozesse integrieren, Ansatz, Schlussfolgerungen und Empfehlungen von TEEB – eine Synthese.
- TURNER**, R., van den Bergh, J., Söderqvist, T., Barendregt, A., van der Straaten, J., Maltby, E., van Ierland, E.C. (2000), Ecological-economic analysis of wetlands: scientific integration for management and policy, Ecological Economics, Heft 35 (2000), S. 7-23.
- VOLLRATH**, B., Werner, A. (2011), Anders Biogas(en), dlz Agrarmagazin/ joule Agrarenergie, Verlagsbeilage, S. 28-31.

**WEIGEL**, H.-J., Schrader, S., Ruppel, S. (2004), Biodiversität und Ökosystemfunktion, Landbauforschung Völkenrode - Sonderheft, Bd. 310, S. 42-46.

**WEIMANN**, J. (2006) Wirtschaftspolitik - Allokation und kollektive Entscheidungen, Springer Berlin Heidelberg New York, Magdeburg, S. 115-154.

## 7.2 Internetquellen

- AMT DER NÖ LANDESREGIERUNG** (2012a), Land & Zukunft, Zahlen & Fakten, Katasterflächen, [www.noe.gv.at](http://www.noe.gv.at) (November 2012)
- AMT DER NÖ LANDESREGIERUNG** (2012b), Umwelt, Naturschutz, [www.noe.gv.at](http://www.noe.gv.at) (Dezember 2012)
- ARGE ENERGIEWALD NIEDERÖSTERREICH** (2012), Daten & Fakten, [www.energiwald.org](http://www.energiwald.org) (Oktober 2012).
- BIOLOGISCHE VIELFALT** (2008), Jugend, Definition Ökosystem, Was ist ein Ökosystem?, [www.biologischevielfalt.at](http://www.biologischevielfalt.at) (Oktober 2012).
- BIOLOGISCHE VIELFALT** (2009), Biodiversitätskonvention, [www.biologischevielfalt.at](http://www.biologischevielfalt.at) (November 2012).
- BIOLOGISCHE VIELFALT** (2011), Was heißt Biodiversität?, [www.biologischevielfalt.at](http://www.biologischevielfalt.at) (Oktober 2012).
- BIOLOGISCHE VIELFALT** (2012), Nationale Aktivitäten, Österreichische Strategie, [www.biologischevielfalt.at](http://www.biologischevielfalt.at) (Dezember 2012).
- BIOMASSEVERBAND OÖ** (2013), Info Service, Biomasse, Wie viel Schüttraummeter entsprechen einer Tonne?, [www.biomasseverband-ooe.at](http://www.biomasseverband-ooe.at) (Jänner 2013)
- ECOLOGIC INSTITUT** (2010), Ökonomische Bewertung der ökologischen Funktion von Böden – Vorstudie, [www.ecologic.eu/de](http://www.ecologic.eu/de) (Oktober 2012).
- E-CONTROL** (2009), Konsumenten, Öko-Energie, Basiswissen Ökostrom, Arten von Ökosystem, Biomasse, [www.e-control.at](http://www.e-control.at) (Oktober 2012).
- ETA HOLZLOGISTIK** (2013), Tools, Holzrechner, [www.eta-holzlogistik.de](http://www.eta-holzlogistik.de) (Jänner 2013).
- EUROPÄISCHE KOMMISSION** (2011), Nachrichten, Umwelt, Verbraucher und Gesundheit, Artenschutz: Aktionsplan bis 2020 (03.05.2011), [ec.europa.eu](http://ec.europa.eu) (Dezember 2012).
- FNR** (Fachagentur Nachwachsender Rohstoffe e.V.) (2013), Pflanzen, Miscanthus, [www.energiepflanzen.info](http://www.energiepflanzen.info) (Jänner 2013).
- GABLER WIRTSCHAFTSLEXIKON** (2013), Opportunitätskosten, [wirtschaftslexikon.gabler.de](http://wirtschaftslexikon.gabler.de) (März 2013).
- KRAMES, G.** (1999) Diplomarbeit, Nutzwertanalyse im Internet, Realisierung eines Applets zur Unterstützung eines Entscheidungsverfahrens, TU Wien, Wien, [www.ifip.tuwien.ac.at/lehre/demo/krames/nwa.html](http://www.ifip.tuwien.ac.at/lehre/demo/krames/nwa.html) (Jänner 2013).

- KREUZ&QUER**, Österreichischer Rundfunk (2013), Climate Crimes – Die Akte Klima, Ausstrahlungszeitpunkt: 05.02.2013, ORF2.
- KTBL** (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft) (2013), Kostenrechner Energiepflanzen, daten.ktbl.de/energy (Jänner 2013).
- LANDWIRTSCHAFTSKAMMER KÄRNTEN** (2012), Pflanzen, Ackerkulturen, Aktuelle Strohpreise für Kärnten, www.lk-kaernten.at (Februar 2013).
- LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NIEDERÖSTERREICH** (2013), Pflanzen, Ackerkulturen, OÖ Frühjahrsanbau – Schwerpunkt Mais und Soja, www.lk-noe.at (Februar 2013).
- LANDWIRTSCHAFTSKAMMER OBERÖSTERREICH**, Krumphuber, Ch. (2009), Biomasse – CO<sub>2</sub>-Bindung – Sauerstoffproduktion – Humusbilanz, belbozon (belebte Bodenzone), Symposium (Vorträge), www.belbozon.eu (Februar 2013).
- LEBENSMINISTERIUM** (2012), Natur- und Artenschutz, Feuchtgebiete (Ramsar), www.lebensministerium.at (Jänner 2013).
- MARKETINGLEXIKON** (2013), Opportunitätskosten, marketinglexikon.ch (März 2013).
- NATURSCHUTZ** (2011), Konventionen, Biodiversitätskonvention, www.naturschutz.at (November 2012).
- ÖKOSYSTEM ERDE** (2006-2008), Ökosystem Erde – Boden, www.oekosystem-erde.de/html/boden (November 2012).
- ORF WIEN** (2012), Wie Österreich von Biomasse leben könnte, wien.orf.at (Februar 2013).
- ÖSTERREICHISCHER BIOMASSE-VERBAND** (2013), Grundlagen – Was ist Biomasse?, www.biomasseverband.at (Jänner 2013).
- SPIEGEL ONLINE** (2007), Wissenschaft, UNO-Prognose für 2050 – Weltbevölkerung wächst und altert im Eiltempo, www.spiegel.de/wissenschaft/mensch (Oktober 2012).
- STATISTIK AUSTRIA** (2012a), Land- und Forstwirtschaft, Agrarstruktur, Flächen und Erträge, Feldfrüchte, Feldfrucht- und Dauerwiesenproduktion, www.statistik.at (Februar 2013).
- STATISTIK AUSTRIA** (2012b), Land- und Forstwirtschaft, Agrarstruktur, Flächen und Erträge, Gemüse, Gemüseproduktion, www.statistik.at (Februar 2013).
- TAZ** (Tageszeitung) (2013), Energie vom Acker – Potential von Raps und Mais, m.taz.de (Februar 2013).
- UMWELTBUNDESAMT** (2012), Gesetze & Konventionen, Internationale Konventionen, Biodiversitätskonvention, www.umweltbundesamt.at (November 2012).

- UMWELTBUNDESAMT** (2013), Wasser, EU-Wasserrahmenrichtlinie, Grundwasser, EU-Grundwasserrichtlinie, [www.umweltbundesamt.at](http://www.umweltbundesamt.at) (April 2013).
- UMWELTGEMEINDESERVICE** (2012), Naturschutz, Boden und Grünraum, Fakten, [www.umweltgemeinde.at](http://www.umweltgemeinde.at) (Jänner 2013).
- UMWELTGESAMTRECHNUNG** (2012a), Anwendungsgebiete – Ökosystemleistungen und Umweltgüter, [www.umweltgesamtrechnung.at](http://www.umweltgesamtrechnung.at) (November 2012b).
- UMWELTGESAMTRECHNUNG** (2012b), Struktur und Erstellung von Umweltgesamtrechnungen, [www.umweltgesamtrechnung.at](http://www.umweltgesamtrechnung.at) (November 2012a).
- UMWELTGESAMTRECHNUNG** (2012c), Einleitung – Was sind Umweltgesamtrechnungen?, [www.umweltgesamtrechnung.at](http://www.umweltgesamtrechnung.at) (November 2012a).
- UMWELTGESAMTRECHNUNG** (2012d), Hybride Konten, [www.umweltgesamtrechnung.at](http://www.umweltgesamtrechnung.at) (Dezember 2012a).
- UMWELTGESAMTRECHNUNG** (2012e), Anwendungsgebiete – Umweltökonomie, [www.umweltgesamtrechnung.at](http://www.umweltgesamtrechnung.at) (Jänner 2013)
- UNSER BODEN** (2012), Unser Boden – Sinnvoll nützen – Sorgsam schützen, [www.unserboden.at](http://www.unserboden.at) (Dezember 2012)
- WIKIPEDIA.ORG** (2012), Agrobiodiversität (Oktober 2012).
- WIKIPEDIA.ORG** (2012), G8+5-Staaten (Dezember 2012).
- WIKIPEDIA.ORG** (2013), Zellulose und Lignin (Jänner 2013).
- WIKIPEDIA.ORG** (2013), Evapotranspiration (Februar 2013).
- WKO** (2009), Wirtschaftskammer Österreich, Umwelt und Energie, Boden, Luft, Wasser: Boden, EU Bodenschutzpaket - Thematische Strategie (KOM/2006/231) und Bodenrahmenrichtlinie (KOM/2006/232), [www.wko.at](http://www.wko.at) (November 2012).

## 8 Abbildungsverzeichnis

<b>Abbildung 1:</b> Methodischer Aufbau der Diplomarbeit .....	12
<b>Abbildung 2:</b> Stellung und Funktion von Böden in der Ökosphäre .....	14
<b>Abbildung 3:</b> Beziehungen zwischen Ökosystemleistungen und dem menschlichen Wohlergehen .....	19
<b>Abbildung 4:</b> Einfluss der Änderungsfaktoren auf die Wechselbeziehungen zwischen Ökosystemleistungen, Biodiversität und dem menschlichen Wohlergehen .....	20
<b>Abbildung 5:</b> Energetische Biomassenutzung als Änderungsfaktor für das Beziehungssystem Biodiversität-Ökosystemleistungen-Menschliches Wohlergehen .....	37
<b>Abbildung 6:</b> Methodische Übersicht der Beschäftigungseffekte der erneuerbaren Energien ..	46
<b>Abbildung 7:</b> Schema der Stoffstromanalyse für Biomasse.....	51
<b>Abbildung 8:</b> Berechnung der Energiebilanz mittels aufkommenseitigem und verwendungsseitigem Bruttoinlandsverbrauch.....	53
<b>Abbildung 9:</b> Aufbau der Umweltgesamtrechnung .....	55
<b>Abbildung 10:</b> Kompensierende und Äquivalente Variation in Abhängigkeit der Umweltqualität .....	62
<b>Abbildung 11:</b> Ökonomischer Nutzen eines Bodenökosystems.....	68
<b>Abbildung 12:</b> Methoden der ökonomischen Umweltbewertung .....	69
<b>Abbildung 13:</b> Anteil der verschiedenen Katasterflächen an der Gesamtfläche in Niederösterreich .....	81
<b>Abbildung 14:</b> Entwicklung der Kulturarten in Niederösterreich von 1999 bis 2010 (Angaben in ha) .....	82
<b>Abbildung 15:</b> Sensitivitätsanalyse Nahrungsmittel- und Werkstoffproduktion .....	105
<b>Abbildung 16:</b> Sensitivitätsanalyse Diskontrate .....	106

## 9 Tabellenverzeichnis

<b>Tabelle 1:</b> Übersicht über eine Auswahl an Biomasseenergieträger, ihr Zustand nach der Verarbeitung und ihr Anwendungsbereich.....	32
<b>Tabelle 2:</b> Ertrag in Tonnen pro Hektar und Jahr und Energieertrag.....	33
<b>Tabelle 3:</b> Veränderung der Bodengefährdungspotentiale bei Anbau ausgewählten Biomassearten zur Energiegewinnung gegenüber land- oder forstwirtschaftlicher Nutzung .....	44
<b>Tabelle 4:</b> Vor- und Nachteil einiger Kulturpflanzen.....	47
<b>Tabelle 5:</b> Vergleich ausgewählter gesamtwirtschaftlicher Wirkungsanalysen .....	59
<b>Tabelle 6:</b> Verschiedene Arten von Güter in Abhängigkeit von Ausschließbarkeit und Rivalität65	
<b>Tabelle 7:</b> Überblick über die Vor- und Nachteile der ökonomischen Bewertungsmethoden ..	74
<b>Tabelle 8:</b> Schutzgebiete in Niederösterreich.....	83
<b>Tabelle 9:</b> Quantitative Ziele für Energie aus Biomasse (Endenergie in GWh) – Gesamtmenge an produzierter Energie durch Biomassenutzung im Vergleich zum Jahr 2009 .....	84
<b>Tabelle 10:</b> Zusätzliche Endenergie mittels Biomasse (in GWh).....	88
<b>Tabelle 11:</b> Auswahl der Biomasse zur Erreichung der Zielsetzungen .....	89
<b>Tabelle 12:</b> Landnutzungseffekte.....	90
<b>Tabelle 13:</b> Zusätzlich benötigte Flächen für den Biomasseanbau zur Zielerfüllung (alle Angaben in Hektar) .....	91
<b>Tabelle 14:</b> Auswirkungen verschiedener Biomassearten auf die Bodenfunktionen.....	91
<b>Tabelle 15:</b> Schema einer ökologisch erweiterten Nutzen-Kosten-Analyse für die Umsetzung der Zielsetzungen des NÖ Energiefahrplan im Bereich Biomasse .....	93
<b>Tabelle 16:</b> Überblick über die Art der Bewertung der Bodenfunktionen.....	94
<b>Tabelle 17:</b> Grundwasserneubildungsrate, Trinkwasserkosten und Opportunitätskosten.....	95
<b>Tabelle 18:</b> Nutzwert der Bodennutzung bezüglich der Nahrungsmittel- und Werkstoffproduktion.....	96
<b>Tabelle 19:</b> CO <sub>2</sub> -Speicherkapazität des Bodens und sein Nutzwert.....	97
<b>Tabelle 20:</b> Nutzwert der Wasserregulierungsfunktion des Bodens .....	98
<b>Tabelle 21:</b> Nutzwert von Kulturlandschaft und Kulturerbe.....	99
<b>Tabelle 22:</b> Kosten und Nutzwert der Landschaft für Erholung und Tourismus.....	99
<b>Tabelle 23:</b> Nutzwert der Bodenbildungsfunktion.....	100
<b>Tabelle 24:</b> Nutzwert der Erhaltung des Nährstoffkreislaufs .....	101
<b>Tabelle 25:</b> Volkswirtschaftlicher Wert des Teilökosystems Boden bei unterschiedlichen Ausprägungen der Bodennutzung im Planungsnullfall und seine Kosten- und Nutzeffekte bei der Umsetzung des „NÖ Energiefahrplans 2030“ im Jahr 2030 ...	102
<b>Tabelle 26:</b> Entscheidungsindikatoren für die Beantwortung der Umsetzungsfrage.....	104