

FKZ: 804 34 001

F+E Vorhaben

Nachnutzung von Deponien für den Anbau von Energiepflanzen

**- Bewertung von Anforderungen und Synergien bei der Produktion
von Energiepflanzen, der Deponienachsorge und dem Naturschutz -**

Machbarkeitsstudie

*Technische Universität Braunschweig, Leichtweiß-Institut, Abt. Abfallwirtschaft,
Technische Universität Braunschweig, Institut für Geoökologie, Abt. Umweltsystemanalyse
Ökotop, Arbeitsgemeinschaft Braunschweiger Ökologen (GbR)*

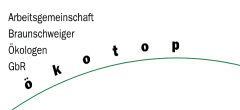
Endbericht

Technische Universität Braunschweig
Kompetenzzentrum internationaler Transfer – Umwelt und Infrastruktur
Beethovenstraße 51a

D-38106 Braunschweig

Tel: +49 (0) 531 391 3990
Fax: +49 (0) 531 391 4584
Email: k.hillebrecht@tu-bs.de

Braunschweig, den 20. Oktober 2005



- **Kompetenzzentrum internationaler Transfer – Umwelt und Infrastruktur** an der TU Braunschweig
- **Leichtweiß-Institut, Abt. Abfallwirtschaft,** der TU Braunschweig
- **Institut für Geoökologie, Abt. Umweltsystemanalyse,** der TU Braunschweig
- **Ökotoxikologie, Arbeitsgemeinschaft Braunschweiger Ökologen GbR**

Projektleitung:

Technische Universität Braunschweig
Kompetenzzentrum internationaler Transfer – Umwelt und Infrastruktur
Prof. Dr. Klaus Fricke
Beethovenstraße 51 a
D-38106 Braunschweig
TEL: +49 (0)531 – 391 3970
FAX: +49 (0)531 – 391 4584
Email: klaus.fricke@tu-bs.de

Projektpartner:

Technische Universität Braunschweig
Institut für Geoökologie, Abt. Umweltsystemanalyse
Prof. Dr. Otto Richter
Dipl. Geoökol. Meike Schmehl
Langer Kamp 19c
D-38106 Braunschweig
TEL: +49 (0)531 391 5919
FAX: +49 (0)531 391 8170
Email: m.schmehl@tu-bs.de

Technische Universität Braunschweig
Leichtweiß-Institut, Abt. Abfallwirtschaft
Prof. Dr. Klaus Fricke
Dipl.-Biol. Kai Hillebrecht
Beethovenstraße 51 a
D-38106 Braunschweig
TEL: +49 (0)531 – 391 3987
FAX: +49 (0)531 – 391 4584
Email: k.hillebrecht@tu-bs.de

Ökotop GbR, Arbeitsgemeinschaft Braunschweiger
Ökologen
Dipl.-Geograph Olaf Borkowsky
Dr. Reinhold Kratz
Geyssostraße 4
D-38106 Braunschweig
TEL: +49 (0)531 – 390 7559, 7560
FAX: 0531 – 390 7558
Email: info@oekotop-braunschweig.de

unter Mitarbeit von:

Dr. Detlef Griese, (Vegetationskunde)
Dr. Reiner Teunert (Zoologie)

Anmerkung:

Dieser Bericht ist im Auftrag des Bundesamtes für Naturschutz (BfN) mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit im Rahmen des Vorhabens erstellt worden. Das BfN übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, die Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben sowie für die Beachtung privater Rechte Dritter. Die in diesem Bericht geäußerten Meinungen müssen nicht mit denen des Auftraggebers / Zuwendungsgebers übereinstimmen.

Nachdruck, auch in Auszügen, nur mit Genehmigung des BfN

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	- 10 -
1 Einleitung	- 13 -
1.1 Vorgehensweise	- 17 -
2 Rechtliche Situation (Deponie)	- 18 -
3 Allgemeines zu Deponien	- 21 -
3.1 Definition Deponie	- 21 -
3.2 Deponiearten	- 22 -
3.3 Deponieklassen	- 22 -
3.3.1 Deponieklasse I	- 22 -
3.3.2 Deponieklasse II	- 23 -
3.3.3 Altdeponie	- 23 -
3.4 Deponiephasen	- 23 -
3.4.1 Ablagerungsphase	- 23 -
3.4.2 Stilllegungsphase	- 24 -
3.4.3 Nachsorgephase	- 25 -
3.5 Deponieoberflächen	- 25 -
3.6 Temporäre Deponieabdeckung	- 25 -
3.7 Endgültige Oberflächenabdichtung	- 28 -
3.8 Kosten der Oberflächenabdichtung und der Rekultivierung	- 32 -
3.9 Nachnutzungsoptionen für stillgelegte Deponien	- 32 -
4 Allgemeine Ziele des Naturschutzes	- 36 -
5 Energetische Nutzung von Biomasse auf Deponiestandorten	- 38 -
5.1 Motivation	- 38 -
5.2 Produktion von Energiepflanzen	- 38 -
5.3 Technologien	- 39 -
5.3.1 Verbrennung	- 40 -
5.3.2 Vergasung	- 40 -
5.3.3 Vergärung	- 41 -
5.3.4 Herstellung von Kraftstoffen	- 41 -
6 Anbaubedingungen auf der Deponie	- 41 -
7 Auswahl der Energiepflanzen	- 45 -
7.1 Ausschlusskriterien	- 46 -
7.1.1 Deponietechnische Ausschlusskriterien	- 46 -
7.1.2 Naturschutzfachliche Ausschlusskriterien	- 49 -
7.2 Nutzbare Energiepflanzen und -bestände	- 52 -
7.2.1 Grünlandarten und -bestände	- 53 -
7.2.1.1 Arten des Grünlands mittlerer Standorte (mesophiles Grünland)	- 54 -
7.2.1.2 Arten der Berg-Mähwiesen	- 55 -
7.2.1.3 Arten des Intensivgrünlandes	- 56 -
7.2.2 Arten der Gras- und Staudenfluren (halbruderal)	- 57 -
7.2.3 Arten der Landröhrichte, Rieder, Sümpfe und feuchten bis nassen Staudenfluren	- 59 -

7.2.3.1	Arten der Landröhrichte	- 59 -
7.2.3.2	Arten der nährstoffreichen Seggen-, Binsen- und Stauden-Sümpfe	- 60 -
7.2.3.3	Arten der Uferstaudenfluren	- 61 -
7.2.4	Gehölzarten	- 61 -
8	Anbau- und Erntemethoden unter Naturschutzaspekten	- 66 -
8.1	Grundsätze	- 66 -
8.1.1	Grünland	- 68 -
8.1.2	Halbruderale Gras- und Staudengesellschaften (nitrophytisch)	- 68 -
8.1.3	Landröhrichte, Sümpfe und Rieder sowie feuchte bis nasse Staudenfluren-	68 -
8.1.4	Baum- und Strauchkulturen	- 68 -
8.2	Standortfaktoren und Entwicklungsmöglichkeiten	- 69 -
8.3	Modifizierungen von Anbau- und Bewirtschaftungsweisen unter besonderer Berücksichtigung des Naturschutzes	- 71 -
9	Bewertung unter Aspekten des Naturschutzes und des Umweltschutzes	- 78 -
9.1	Naturschutz	- 78 -
9.2	Bewertung der Umweltwirkung	- 103 -
9.2.1	Methode	- 103 -
9.2.2	Vorgehensweise	- 104 -
9.2.3	Beschreibung der Lebenswege	- 107 -
9.2.3.1	Schnellwachsende Hölzer	- 107 -
9.2.3.2	Nutzungsvariante extensives Grünland	- 108 -
9.2.3.3	Nutzungsvariante Staudenfluren	- 108 -
9.2.3.4	Nutzungsvariante Landröhrichte und verwandte Bestände	- 109 -
9.2.4	Ergebnisse	- 109 -
10	Bewertung unter ökonomischen Aspekten	- 112 -
10.1	Kosten	- 112 -
10.2	Erlöse	- 114 -
11	Synergieeffekte/Potenziale	- 115 -
12	Beispiele	- 118 -
12.1	Buchen	- 118 -
12.2	Göttingen	- 121 -
12.3	Wolfsburg	- 124 -
13	Perspektiven	- 126 -
	Literatur	- 128 -
	Anhang	- 137 -

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Anforderungen und Einschränkungen im Hinblick auf die Gestaltung, Vegetation und Bewirtschaftung von Deponieflächen	- 11 -
Tabelle 2: Entwicklung der Anzahl der in Deutschland betriebenen Hausmülldeponien TASI Klasse II [UBA 2002]	- 14 -
Tabelle 3: Deponiestatistik Siedlungsabfalldeponien (Deponieklasse II) in Deutschland [UBA 2002]	- 14 -
Tabelle 4: Anzahl der Altablagerungen in Deutschland [UBA 2000]	- 15 -
Tabelle 5: Praktisch umgesetzte temporäre Oberflächenabdeckungen bei Altdeponien mit nicht vorbehandelten Siedlungsabfällen sowie ähnlichen gewerblichen und industriellen Abfällen gemäß TASI, 1993	- 27 -
Tabelle 6: Definition der Anforderungen an Deponieabdeckschichten nach Technischer Anleitung Siedlungsabfall (TASI 1993).....	- 29 -
Tabelle 7: Zusätzliche relevante Anforderungen für die Nachsorge und Nachnutzung der Deponieflächen nach Technischer Anleitung Siedlungsabfall (TASI 1993). -	30 -
Tabelle 8: Alternative genehmigungsfähige Oberflächenabdichtungssysteme/-module [LAGA 2000].....	- 31 -
Tabelle 9: Kosten verschiedener Oberflächenabdichtungen und der Rekultivierung [RÖDEL 2002]	- 32 -
Tabelle 10: Modelle zur Rekultivierung und Nachnutzung von Deponien	- 33 -
Tabelle 11: Deponietechnische Vorgaben der Nachsorgephase und die ableitbaren Folgerungen und Ausschlusskriterien beim Anbau von Energiepflanzen.....	- 48 -
Tabelle 12: Möglichkeiten des Anbaus von Energiepflanzen innerhalb der Deponiephasen ((X) = nur ohne Abdichtungssysteme möglich).....	- 53 -
Tabelle 13: Schnellwachsende und/oder schnittverträgliche einheimische Gehölzarten-	65 -
Tabelle 14: Standorte auf Deponien und Standortfaktoren (Definition der Varianten I bis III in Kapitel 9.3).....	- 69 -
Tabelle 15: Entwicklungsmöglichkeiten von Energiepflanzen	- 73 -
Tabelle 16: Pflege von Energiepflanzen	- 75 -
Tabelle 17: Düngung von Energiepflanzen.....	- 76 -
Tabelle 18: Ernteparameter für den Anbau von Energiepflanzen.....	- 77 -
Tabelle 19: Landtechnik und Hinweise zur Bewirtschaftungsweise der Energiepflanzen	- 78 -
Tabelle 20: Ermittlung des Grundwertes von Biotoptypen	- 83 -
Tabelle 21: Wert der Pflanzenbestände, Biotope und Lebensraumtypen für den Naturschutz	- 84 -

Tabelle 22: Übersicht der Grundbewertung/-bedeutung der Vegetationseinheiten für den Naturschutz	- 96 -
Tabelle 23: Auswahl von Tiergruppen, die in Abhängigkeit von der Art der Energiepflanze potenziell gefördert werden können	- 98 -
Tabelle 24: Allgemeine naturschutzfachliche Einschätzung und Auswahl von Leit- und Zielarten, die unter Betrachtung der Anbauvariante I (ausschließlich nach Naturschutzgesichtspunkten) der Energiepflanzen auftreten können. Aufgeführt sind nur Spezies, die zumindest in einem Bundesland in der entsprechenden Roten Liste vertreten sind. Arten der Roten Liste Deutschland sind fettgedruckt [BINOT et. al 1998].	- 100 -
Tabelle 25: Treibhauspotenzial verschiedener Treibhausgase	- 104 -
Tabelle 26: Versauerungspotenzial verschiedener Schadstoffe	- 104 -
Tabelle 27: Stellvertreter der Energiepflanzenkategorien	- 105 -
Tabelle 28: Nährstoffgehalte von Fertigkompost [LWK HANNOVER 2003]	- 106 -
Tabelle 29: Bilanzergebnisse der Stoffstromanalyse für verschiedene Energiepflanzen- 111 -	-
Tabelle 30: Beurteilung der Umweltwirkungen für die Nutzungsvarianten	- 112 -
Tabelle 31: Kosten der Produktion von Biomasse für die verschiedenen Vegetationskategorien der Bewirtschaftungsvariante III	- 113 -
Tabelle 32: Ökonomische Beurteilung der Bewirtschaftungsvarianten	- 114 -

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Deponiearten	- 22 -
Abbildung 2: Deponiephasen.....	- 24 -
Abbildung 3: Deponieoberflächenabdichtung, Deponieklasse 2	- 28 -
Abbildung 4: Prozesse zur energetischen Nutzung von Biomasse nach KALTSCHMITT & VOGEL (2004)	- 40 -
Abbildung 5: Deponiezonen.....	- 43 -
Abbildung 6: Beispielhaftes Stoffstromnetz für den Anbau von Pappeln in Umberto® ...-	106 -
Abbildung 7: Nutzungsoptionen auf dem Standort der Deponie im Neckar-Odenwald-Kreis	- 119 -
Abbildung 8: Potenziell anbaubare Energiepflanzen.....	- 119 -
Abbildung 9: Mögliche Einrichtung von Versuchsfeldern	- 120 -
Abbildung 10: Standortdaten Zentrum für Entsorgung und Umwelttechnologien Sansenhecken (Z.E.U.S.)	- 121 -
Abbildung 11: Standortdaten Zentraldeponie Deiderode.....	- 122 -
Abbildung 12: Auszug Kataster Standort Deiderode.....	- 123 -
Abbildung 13: Standortdaten Deponie Wolfsburg-Fallersleben / Barnbruch.....	- 124 -
Abbildung 14: Auszug Kataster, Standort Barnbruch	- 125 -

Abkürzungsverzeichnis

AbfAbIV	- Abfallablagerungsverordnung
AbfG	- Abfallbeseitigungsgesetz
BGBI	- Bundesgesetzblatt
BNatSchG	- Bundesnaturschutzgesetz
DepV	- Deponieverordnung
dGZ	- durchschnittlicher jährlicher Gesamtzuwachs
FFH	- Fauna-Flora-Habitatrichtlinie
KEA	- Kumulierter Energieaufwand
KrW/AbfG	- Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz
LAGA	- Länderarbeitsgemeinschaft Abfall
m ü. NN	- Meter über Normalnull
Mg	- Megagramm (1.000.000 g)
Mg/a	- Megagramm pro Jahr
MJ/m³	- MegaJoule pro Kubikmeter
MW	- Megawatt
PJ/a	- Petajoule pro Jahr
t FM	- Tonnen Frischmasse
t TM/ha	- Tonnen Trockenmasse pro Hektar
TAA	- TA Abfall
TASi	- TA Siedlungsabfall
UBA	- Umweltbundsamt

Zusammenfassung

Neben den in der Stilllegungsphase und in der Nachsorge befindlichen Deponiestandorten, werden in den Jahren bis 2005 bzw. 2009 ca. 70 % der bundesdeutschen Deponien der Deponieklasse II gemäß den Vorgaben der Verordnung über die umweltverträgliche Ablagerung von Siedlungsabfällen [ABFABLV 2001] und der Deponieverordnung [DEPV 2002] den Betrieb einstellen [VKS/ATV-DVWK, 2003]. Bis 2020 strebt die Bundesregierung an, alle Siedlungsabfälle vollständig zu verwerten und Siedlungsabfalldeponien (Deponieklasse II) damit überflüssig zu machen [BAAKE 1999].

Die Größe der potenziell für die Nachnutzung zur Verfügung stehenden Fläche beträgt allein durch die im Zeitraum von 1995 bis 2005 bzw. 2009 stillgelegten ca. 380 Siedlungsabfalldeponien ca. 15.000 ha. Aufgrund der vorliegenden Interessenlage der Gebietskörperschaften und Deponiebetreiber besteht ein großes Interesse diese Flächen im Sinne der sparsamen Verwendung von Flächenressourcen einer geeigneten und wirtschaftlich tragbaren Nachnutzung zuzuführen.

In Zusammenarbeit zwischen den Projektpartnern, Deponiebetreibern und Gebietskörperschaften wurden Ansätze für alternative Nachnutzungskonzepte für Deponiestandorte entwickelt, die im Rahmen der vorliegenden Machbarkeitsstudie weiterentwickelt und auf ihre zu erwartenden ökologischen und ökonomischen Wirkungen untersucht wurden.

Im Rahmen einer sechsmonatigen Machbarkeitstudie (Untersuchungszeitraum vom 01.06.-30.11.2004) wurde die Realisierbarkeit einer Nachnutzung von Deponiestandorten der Deponieklasse II nach Abfallablagerungsverordnung (AbfAbIV) für den Anbau von Energiepflanzen unter Naturschutzaspekten abgeschätzt. Es wurden dabei potenzielle ökologische, ökonomische und soziale Wirkungen u.a. in folgenden Bereichen betrachtet:

- Flächenrecycling (Gesamtfläche stillgelegter Deponiestandorte (Deponieklasse II, gemäß AbfAbIV – Abfallablagerungsverordnung [ABFABLV 2001]) in Deutschland seit 1990 – 1995 ca. 85.000 ha; 1995 – 2005 bzw. 2009 ca. 15.000 ha), [DIHK 2004; STIEF 2004; UBA 2002].
- Produktion von Energiepflanzen (Erträge pro ha zwischen 3 und 8 Mg Trockenmasse, je nach Kultur und unterschiedlichen Varianten naturverträglichen Anbaus).
- Wirkungen auf Kosten durch Realisierung von Erlösen aus der Biomasseproduktion, der Energieerzeugung und Dienstleistung (Kosten für die Errichtung einer konventionellen Oberflächenabdichtung betragen ca. 42–59 €/m² (s.a. Kapitel 3.8); davon entfallen ca. 0,90 € auf die Begrünung der Flächen und 8,50 € auf die Erstellung der Reaktivierungsschicht von 1 m Mächtigkeit) [Rödel 2002].
- Umweltwirkungen, z.B. naturschutz- und klimarelevante Wirkungen (naturbetontes Einfügen von Deponien in das Landschaftsbild, Entwicklung von Pflanzengesellschaften und Lebensräumen für einheimische Pflanzen- und Tierarten, Reduzierung des Verbrauches erschöpflicher Primärenergieträger, Minderung der Co₂-Emissionen durch die Produktion von Energie aus Energiepflanzen, etc.).
- sozial-strukturellen Bereiche (Schaffung von Arbeitsplätzen, Akzeptanz in der Bevölkerung, Impulse für die Regionalentwicklung, Ansiedlung von Zukunftstechnologien und Etablierung der Produktion erneuerbarer Energien).

Ende 2004 wurden in der Bundesrepublik Deutschland ca. 340 Deponien der Deponieklasse II (Siedlungsabfalldeponien) betrieben. Etwa 130 Siedlungsabfalldeponien wurden zwischen 1995 und Ende 2004 stillgelegt [UBA 2002, STIEF 2004]. Weitere 250 werden bis zum 31.05.2005 (bzw. 2009) in die Stilllegungsphase überführt. Das entspricht einer Fläche von ca. 15.000 ha. Weiterhin wurden ca. 8.000 Deponien (in erster Linie in den Neuen Bundesländern) zwischen 1990 und 1995 stillgelegt. Die verbleibenden Siedlungsabfalldeponien sind gemäß den Zielsetzungen der Bundesregierung bis zum Jahr 2020 stillzulegen. Darüber hinaus kann von einer weitaus größeren Anzahl von Deponien der Deponieklasse I gemäß AbfAbIV – Abfallablagerungsverordnung [ABFABLV 2001] (Inertstoffdeponien) ausgegangen werden, die als zusätzliches Flächenpotenzial von Interesse sind.

Die Machbarkeitsstudie beschränkt sich zunächst auf Deponien der Deponieklasse II, die aufgrund des Ablaufes der Übergangsfristen am 01.06.2005 (s.o.) im Mittelpunkt des Interesses und des Handlungsbedarfes stehen. Die Untersuchungsergebnisse sind mit geringem Aufwand auf Deponien der Deponieklasse I übertragbar.

Zentrales Ergebnis der angefertigten Studie ist, dass der Anbau von energetisch nutzbaren Pflanzen unter Beachtung aller deponietechnischen Vorgaben (AbfAbIV, DepV, TA Abfall, TASI und EU-Deponierichtlinie) und naturschutzfachlichen Anforderungen (Bundesnaturschutzgesetz) grundsätzlich möglich ist.

In Tabelle 1 sind Anforderungen und Einschränkungen an die Gestaltung, Vegetation und Bewirtschaftung der Deponieflächen aufgeführt.

Tabelle 1: Anforderungen und Einschränkungen im Hinblick auf die Gestaltung, Vegetation und Bewirtschaftung von Deponieflächen

Anforderungen (Deponietechnik)	Einschränkungen
Erosionsschutz	ganzjährig geschlossene Vegetationsdecke, keine Ackerbaunutzung
Frostschutz	Rekultivierungsschicht mit Substratauflage > 1 m
Schutz der Oberflächenabdichtung vor mechanischen Beschädigungen	Durchwurzelung < 1 m, durch Auswahl der Vegetation oder Durchwurzelungssperre, keine extremen Auflasten, keine grabende oder tief pflügende Bewirtschaftung
Integration in das Landschaftsbild	Heimische Vegetation und landschaftstypische Elemente
Ableitung von Oberflächenwasser	keine kontinuierlich vernässten Bereiche, mit Ausnahme der Entwässerungsbereiche am Fuß der Deponie
Vermeidung der Gasmigration	Gasundurchlässige Sperrschichten (Kunststoffdichtungsbahnen, mineralische Dichtungen), Methanoxidierendes Milieu (Mikroorganismen, geeignete Substrate)
Vermeidung der Sickerwasserbildung	Wasserundurchlässige Sperrschichten, Maximierung der Evapotranspiration

Anforderungen (Naturschutz)	Einschränkungen
Nur Anbau heimischer Arten	keine Neophyten
Kein Einsatz von gentechnisch veränderten Pflanzen	transgene Pflanzen scheiden für einen Anbau aus
Integration in das Landschaftsbild	Heimische Vegetation und landschaftstypische Elemente
ökologischer Anbau	naturverträgliche Nutzung z.B. (z.B. Anbau erfolgt ohne den Einsatz von Pestiziden)

Aus der Festlegung der o.g. Vorgaben und Anforderungen, resultieren Ausschlusskriterien, die das Spektrum in Frage kommender, energetisch nutzbarer Pflanzen wesentlich einschränken.

Der Aufwand für die Bewirtschaftung verschiedener energetisch nutzbarer Kulturen und der Erlös aus der Veräußerung der gewonnenen Biomasse ist sehr unterschiedlich. Regionale Rahmenbedingungen sind entscheidend für die Machbarkeit aus ökologischer, ökonomischer und sozialer Sicht. Standorte müssen immer individuell betrachtet werden, um eine optimierte Nutzungsform zu identifizieren. Es sind häufig Rahmenbedingungen vorhanden, die die Nutzung der Flächen einschränken (z.B. FFH Gebiete) oder ein besonderes Potenzial darstellen (z.B. Anlagenkapazitäten oder regionale Entwicklungspläne).

Es besteht grundsätzlich die Notwendigkeit regionale Akteure, Potenziale und Kapazitäten intensiv in den Planungsprozess einzubeziehen, weil u.a. die Menge, der auf den jeweils zur Verfügung stehenden Deponieflächen produzierten Biomasse, nicht für den wirtschaftlichen Betrieb einer Anlage zur energetischen Verwertung von Biomasse ausreicht. Somit erscheint eine Kombination mit regional vorhandenen Potenzialen und Materialflüssen aus wirtschaftlicher und sozialer Sicht notwendig.

Aus wirtschaftlicher Sicht muss beurteilt werden, an welchem Punkt der Aufwand der Bewirtschaftung die Erlöse aus der Veräußerung der Biomasse übersteigt. Bei dieser Betrachtung sind wiederum individuelle Rahmenbedingungen wie z.B. Marktpreise entscheidend. Am Beispiel des Neckar-Odenwald-Kreises konnte eine erste Vorplanung bzgl. der Nachnutzung der Flächen unter den dargestellten Vorgaben und Rahmenbedingungen erfolgen. Diese Ergebnisse müssen in der Folge im Rahmen einer konkreten praktischen Umsetzung evaluiert und ggf. angepasst werden.

Ein besonders zu beachtendes Potenzial für die Nutzung von Deponieflächen ergibt sich aus den zu erwartenden Synergieeffekten zwischen verschiedenen Interessen (Deponiestilllegung und -nachsorge, Naturschutz, Produktion von Energiepflanzen), die durch zu erwartende positive Wirkungen in den Regionen eine besondere Bedeutung erhalten.

Synergieeffekte zwischen Deponiestilllegung/-nachsorge, Anbau von Energiepflanzen und Naturschutz können sich dabei aus folgenden Sachverhalten ergeben:

- Die Bewirtschaftung der Flächen unter naturschutzverträglichen Maßgaben birgt das Potenzial zur Schaffung von naturschutzrelevanten Flächen mit wertgebenden Biotopen sowie Arten- und Lebensgemeinschaften.

- Durch das potenzielle Flächenrecycling kann ein Beitrag zur Reduzierung der Flächeninanspruchnahme und zur Sicherung und Verbesserung der Umweltqualität in Städten und Gemeinden geleistet werden.
- Durch die Produktion von Energiepflanzen und die Bereitstellung von Standorten für Verwertungs- und Weiterverarbeitungsanlagen, wird gemäß der Klimaschutzziele der Bundesregierung gehandelt und eine Konkurrenz mit der Lebensmittelproduktion und den hierfür geeigneten Flächen vermieden.
- Der Erlös aus der Energiepflanzenproduktion ergänzt mittel- und langfristig die Aufwendungen für die Deponienachsorge.
- Teile des Maschinenparks und der Infrastruktur können über die Betriebsphase hinaus auf den Deponien gewinnbringend eingesetzt werden; es besteht ein Bedarf, Personal weiter zu beschäftigen.
- Deponien bieten aufgrund infrastruktureller (Anlageninfrastruktur, Ver- und Entsorgungseinrichtungen, Verkehrsanbindung, etc) und standortbezogener Eigenschaften, Voraussetzungen für zentrale Einrichtungen zur Verwertung von Biomasse aus der Region und der Produktion erneuerbarer Energien.
- Der Weiterbetrieb des Standortes mit neuer Ausrichtung und zusätzlichen Tätigkeitsbereichen sichert und schafft Arbeitsplätze.

Trotz der dargestellten Potenziale konnte im Rahmen der Machbarkeitsstudie unter den heutigen Bedingungen (Anforderungen der Deponietechnik, Anforderungen des Naturschutzes, Finanzielle Rücklagen der Deponiebetreiber, Notwendigkeit einer Rekultivierung, Regelungen aus dem Erneuerbare-Energien-Gesetz) ein gewinnbringender Anbau von Energiepflanzen als Nachnutzung von Deponieflächen nicht nachgewiesen werden. Als Teil der genannten Synergieeffekte, unter Einbeziehung regionaler Strukturen und bei Nutzung der Standortvorteile ist der Anbau jedoch praktikabel und bildet eine Option für Betreiber und Nachnutzer von Deponien, die zweifellos ein hohes Potenzial birgt.

1 Einleitung

In Deutschland wird zur Beseitigung von Abfällen aus dem privaten und dem gewerblichen Bereich seit den 70er Jahren eine Vielzahl von Deponien betrieben. Vor dem Inkrafttreten des Abfallgesetzes im Jahr 1972 (Gesetz über die Beseitigung von Abfällen, Abfallbeseitigungsgesetz - AbfG" vom 07.06.1972, ABFG 1972], wurde die Ablagerung von Abfällen in ungeordneten „Kippen“ vorgenommen.

In Deutschland existieren ca. 110.000 Deponien und Altablagerungen [UBA 2002] (s.a. Tabelle 2; Tabelle 3). Von den klassischen Siedlungsabfalldeponien (AbfAbIV, Deponiekategorie II) sind heute noch ca. 340 (Stand 09/2004) in Betrieb. Die Deponiegrößen der in Betrieb befindlichen Hausmülldeponien liegen bei 5-100 ha, mit einem Häufigkeitsschwerpunkt von 30-60 ha (Anhang 1).

Tabelle 2: Entwicklung der Anzahl der in Deutschland betriebenen Hausmülldeponien TASI Klasse II [UBA 2002]

	1990	1991	1993	1995	1999
Neue Länder	7983	1590	292	202	137
Alte Länder	290	k. A.	270	270	239
Deutschland	8273	k. A.	562	474	376

Tabelle 3: Deponiestatistik Siedlungsabfalldeponien (Deponieklasse II) in Deutschland [UBA 2002]

Bundesland	Stand 1995	Stand 2002
Baden-Württemberg	58	51
Bayern	51	56
Berlin	0	3
Brandenburg	50	37
Bremen	1	1
Hamburg	0	0
Hessen	19	19
Mecklenburg-Vorpommern	22	8
Niedersachsen	46	41
Nordrhein-Westfalen	54	41
Rheinland-Pfalz	29	22
Saarland	3	3
Sachsen	54	21
Sachsen-Anhalt	44	30
Schleswig-Holstein	11	10
Thüringen	32	17
Deutschland insgesamt	474	370

Allein im Zeitraum von 1990 bis 1999 wurde auf 7.897 Deponien, im Wesentlichen in den neuen Bundesländern, der Betrieb eingestellt. Darüber hinaus sind in Deutschland über 100.000 Altablagerungen registriert.

Neben den in der Stilllegungsphase und in der Nachsorge befindlichen Deponiestandorten, werden in den Jahren bis 2005 bzw. 2009 ca. 70 % der bundesdeutschen Deponien der Deponieklasse II gemäß den Vorgaben der Verordnung über die umweltverträgliche Ablagerung von Siedlungsabfällen [ABFABLV 2001] und der Deponieverordnung [DEPV 2002] den Betrieb einstellen [VKS/ATV-DVWK 2002].

Bis 2020 strebt die Bundesregierung an, alle Siedlungsabfälle vollständig zu verwerten und Siedlungsabfalldeponien damit überflüssig zu machen [BAAKE 1999].

Die Größe der potenziell für die Nachnutzung zur Verfügung stehenden Fläche beträgt allein durch die im Zeitraum von 1995 bis 2005 bzw. 2009 stillgelegten ca. 380 Siedlungsabfalldeponien ca. 15.000 ha.

Tabelle 4: Anzahl der Altablagerungen in Deutschland [UBA 2000]

Bundesländer	Anzahl erfasster		
	Altablagerungen	Altstandorte	Flächen gesamt
Baden-Württemberg	6.229	11.567	17.796
Bayern	10.034	3.295	13.329
Berlin	763	6.220	6983
Brandenburg	8.189	14.447	25.313*
Bremen	173	18.154	18.327
Hamburg	491	1.638	2.129
Hessen	6.630	63.539	70.169
Mecklenburg-Vorpommern	4.078	7.264	11.342
Niedersachsen	8.957	50.000	58.957
Nordrhein-Westfalen	18.116	17.147	35.263
Rheinland-Pfalz	10.578	k.A.	10.578
Saarland	1.686	3.530	5.216
Sachsen	8.590	19.115	27.705
Sachsen-Anhalt	6.296	14.692	20.988
Schleswig-Holstein	3.181	16.451	19.632
Thüringen	6.138	12.824	18.962
Bundesrepublik gesamt	100.129	259.883	362.689

Diese stillzulegenden Deponieflächen umfassen nach Aufbringen der Oberflächenabdichtung große Grünbereiche und zum Teil umfangreiche Infrastruktureinrichtungen wie Straßen, Verwaltungsgebäude oder Kläranlagen, und verursachen durch die Nachsorgeanforderungen langfristige und z.T. hohe Kosten.

Aufgrund der vorliegenden Interessenlage der Gebietskörperschaften und Deponiebetreiber besteht ein großes Interesse diese Flächen im Sinne der sparsamen Verwendung von Flächenressourcen einer geeigneten und wirtschaftlich tragbaren Nachnutzung zuzuführen.

Bei der Planung dieser Nachnutzungen sind neben den technischen Randbedingungen, hervorgerufen durch den ehemaligen Deponiebetrieb, auch wirtschaftliche und landschaftsökologische Faktoren wie beispielsweise die Lage des Standortes, rechtliche Vorgaben und deren Auslegung in Abstimmung mit den genehmigenden Behörden sowie sozialökonomische Aspekte (regionaler Arbeitsmarkt, Förderung von Zukunftstechnologien und Akzeptanz in der Bevölkerung) zu berücksichtigen.

Deponien stellen in der Stilllegungs- und Nachsorgephase sowie im Rahmen einer zukünftigen Folgenutzung ein Flächenpotenzial dar. Die Produktion von Energiepflanzen unter Naturschutzaspekten ist dabei eine Nutzungsoption die verschiedenen energie- und umweltpolitischen Zielsetzungen entspricht (Klimaschutz, Flächenressourcenmanagement etc.).

Positive Wirkungen im Bereich des Flächenressourcenmanagement (Flächenrecycling), bei der Erzeugung regenerativer Energieträger und der Erschließung von Flächen für den Naturschutz, werden bei der Realisierung der zu betrachtenden Nutzungsoption angestrebt. Darüber hinaus werden positive Effekte auf den regionalen Arbeitsmarkt und die Wirtschaftskraft aufgrund der Bewirtschaftung und Rekultivierung der Flächen erwartet.

Für die Betreiber der Deponiestandorte bietet sich die Möglichkeit über die Nutzung von Synergieeffekten zwischen Pflegeaufwendungen im Rahmen der Stilllegungs- und Nachsorgephase, Aufwendungen zur Bewirtschaftung der Flächen und Veräußerung von Biomasse, finanzielle Ressourcen für die Sicherstellung der Stilllegung und der Nachsorge zu erschließen.

Zur Zeit werden finanzielle Ressourcen für einen Nachsorgezeitraum von ca. 30 Jahren vorgehalten, über die in diesem Zeitraum die schadfreie Entsorgung der Emissionen aus dem Deponiekörper und eine Rekultivierung der Flächen getragen werden soll. Aktuelle Untersuchungen gehen jedoch von einem weitaus längeren Nachsorgezeitraum aus (150 Jahre +) in dessen Rahmen durch zusätzliche finanzielle Ressourcen eine zielgerichtete Umnutzung und langfristige Sicherung des Standortes möglich ist.

Durch die mittelfristige Nutzung und Anpassung der vorhandenen Infrastruktureinrichtungen zur Biomassegewinnung, -lagerung, -aufbereitung und -verwertung erscheint die Erschließung eines neuen Geschäftsfeldes und die Schaffung von Arbeitsplätzen, Wirtschaftskraft und Innovationsimpulsen möglich (s.a. Biomasseverwertungszentrum Buchen, Kapitel 12.1).

Eine Umsetzung der Vorhaben unter Beachtung von Naturschutzaspekten garantiert die in der Deponieverordnung geforderte Wiedereingliederung der Flächen in den landschaftsökologischen Kontext. Durch die Einbindung regionaler Akteure in die Bewirtschaftung der Flächen sowie die konsequente Berücksichtigung von Naturschutzaspekten und eine mögliche Kombination mit ergänzenden Nachnutzungsoptionen (z.B. extensives Grünland, Sonderstandorte) kann eine große Akzeptanz bei der Bevölkerung für die Nachnutzung der Flächen erreicht werden. Unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten ist die Fläche potenziell als naturschutzrelevante Ausgleichsfläche (Renaturierung degenerierter Flächen) dem „Ökokonto“ zuzuschreiben [VKS/ATV-DVWK 2003].

Aus Naturschutzsicht ist auch die Betrachtung von Vegetationsformen, die im Allgemeinen nicht für die energetische Nutzung eingesetzt werden, sinnvoll. Aufgrund aktueller Entwicklungen bei der energetischen Nutzung von Biomasse haben sich die Anforderungen an Biomasse zur energetischen Verwertung geändert bzw. sind für verschiedene Anwendungsfelder gesondert zu betrachten. Neben der klassischen Nutzung für die Vergärung (weiche Biomasse), die direkte Verbrennung (Holz und Halmgüter) sowie die Herstellung von Biodiesel (Ölpflanzen), erlangt die Produktion von Biomasse für die Herstellung von Kraftstoffen (Sunfuel, Biomass-To-Liquid-Kraftstoffe (BTL)) kontinuierlich höhere Bedeutung. Bei der Produktion dieser Biomassen beschränken sich die Anforderungen auf Feuchtigkeitsgehalte und Transportfähigkeit, die in entsprechenden Vorbehandlungsschritten eingestellt werden. Eine gute Infrastruktur ist dabei unerlässlich.

Wesentliche Voraussetzung und zentrale Fragestellung im Rahmen der anzufertigenden Machbarkeitsstudie ist jedoch die Vereinbarkeit der Aktivitäten im Rahmen der Nutzungsoptionen mit den deponietechnischen Vorgaben während der Stilllegungs- und Nachnutzungsphase. Es sind im Einzelnen die Vorgaben aus der Abfallablagereverordnung zu befolgen, wonach sichergestellt sein muss, dass während der Stilllegungsphase, die, aufgrund zu erwartender Setzungen, Zeitspannen von mehreren Jahren umfassen kann,

- die Bildung von Sickerwasser minimiert und
- die Migration von Deponiegas verhindert wird.

Diese Effekte können durch verschiedene Maßnahmen erreicht werden (Vegetation, Methanoxidationsschichten, Kunststoffdichtungsbahn (KDB), Mineralische Dichtungsschichten), die z.T. Element einer endgültigen Abdichtung, wie sie in der Nachsorgephase gefordert ist, sein können (s. Tabelle 5).

Während der Nachsorgephase ist darüber hinaus ausdrücklich gefordert, die

- Frostsicherheit und den Schutz der Dichtungsschicht vor Durchwurzelung,
- Vermeidung von Erosion durch Wasser und Wind sowie
- die Abführung von Oberflächenwasser aus dem Bereich des Deponiekörpers

sicherzustellen. Für diese Phase sind Ausgestaltungen von Oberflächendichtungssystemen definiert, die zur Anwendung kommen können und im Rahmen der Machbarkeitsstudie betrachtet werden [LAGA 2000; VKS/ATV-DVWK 2003] (s. Abbildung 3). Welche Ausgestaltungsmöglichkeiten bei der Oberflächenabdeckung während der Stilllegungsphase und bei der Oberflächenabdichtung während der Nachnutzungsphase in der Praxis genehmigungsfähig sind, wird z.Z. individuell von den zuständigen Behörden entschieden. Hierbei sind die Rahmenbedingungen und Zielsetzungen der Genehmigungsbehörden sowie die individuellen Eigenschaften der Deponien und eine Auslegung der allgemein gehaltenen Vorgaben der Abfallablagereverordnung entscheidend.

Für die Umsetzung der Stilllegung und der Nachsorge ist dieser Entscheidungsfindungsprozess von grundsätzlicher Bedeutung. Im Rahmen der Machbarkeitsstudie werden einzelne Erfahrungen und Ansatzpunkte zu diesem Aspekt zusammengetragen, die einen Einblick in die Spannweite der Entscheidungen geben können. Ziel ist es, Argumente für eine angepasste Nutzung der zur Verfügung stehenden Flächen zu liefern und Potenziale einer flexiblen Auslegung gemäß des aktuellen Standes der Forschung darzustellen.

1.1 Vorgehensweise

Zur Abschätzung der Machbarkeit der Nachnutzung von Deponien für den Anbau von Energiepflanzen wurden relevante Deponieflächen in Deutschland recherchiert. Es wurden rechtliche und technische Anforderungen aus Sicht des Deponiebetriebes und der Deponienachnutzung, an die Flächen, bzw. eine Nutzung während und nach der Stilllegung zusammengestellt.

Parallel dazu wurden potenziell nutzbare Pflanzen und Vegetationstypen betrachtet und in Form von Steckbriefen charakterisiert.

Aus Sicht des Naturschutzes wurden Anforderungen an Kulturen und Anbaumethoden definiert, die eine mittel- und langfristige Wertigkeit der Flächen für den Naturschutz garantieren.

Nach dem Abgleich zwischen Vegetationstypen- und Pflanzencharakterisierung, den technischen und rechtlichen Anforderungen der Deponietechnik und des Betriebes von Siedlungsabfalldeponien sowie dem Naturschutz konnten Vegetationstypen, Pflanzen und Bewirtschaftungsmethoden identifiziert werden, die für die Nachnutzung von Deponieflächen potenziell einsetzbar sind.

Diese Vegetationstypen wurden aufgrund des Bewirtschaftungsaufwandes, ihrer Erträge,

Um welche Flächen handelt es sich?
 Welche technischen Anforderungen bestehen auf den Flächen?
 Welche rechtlichen Anforderungen bestehen an die Flächen?
 Welches Energiepotenzial bieten verschiedene Pflanzen und Kulturen?
 Welches Potenzial für den Naturschutz bieten verschiedene Kulturen?
 Welche Synergieeffekte sind realisierbar?
 Wie sind die Deponienachnutzungen in die Nutzungen des Umlandes integrierbar?
 Welche Kosten und Erträge entstehen?
 Resultierende Perspektiven!

Energiepotenziale und ihrer Wertigkeit für den Naturschutz bewertet. Aufgrund der zu realisierenden Erträge unter den Anbaubedingungen auf der Deponie konnten erste Hinweise auf die Wirtschaftlichkeit dieser Form der Nachnutzung von Deponieflächen erarbeitet werden.

Synergieeffekte zwischen Deponienachsorge/-betrieb, Naturschutz und Produktion/Verwertung von Energiepflanzen auf Deponien wurden identifiziert und deren Wirkung im Umland und Potenziale für das Umland beschrieben. Anhand umfangreicher Gespräche mit Deponiebetreibern, Akteuren der Umweltschutzbehörden sowie weiteren Experten (Projektbegleitender Arbeitskreis) wurden Effekte durch die Wechselwirkungen mit bestehenden Regionalplanungen und durch die Integration in das jeweilige regionale Entwicklungskonzept beschrieben. Sie werden in dieser Machbarkeitsstudie als ergänzendes Potenzial für die Regionen bewertet.

Aus den aufgenommenen Daten und Erfahrungsberichten resultieren erste Vorplanungen für Nachnutzungsoptionen, die ansatzweise und beispielhaft auf drei ausgewählten Deponiestandorten angewendet wurden (s. Kapitel 12.1, 12.2, 12.3), die z.Z. noch betrieben werden, aber in absehbarer Zeit komplett oder teilweise stillgelegt werden müssen. Sie zeigen Perspektiven für zukünftigen Forschungsbedarf und eine praktische Überprüfung der erarbeiteten Ergebnisse im Rahmen von Demonstrationsvorhaben auf.

Eine abschließende Einschätzung des internationalen Bedarfs an Know-how und Planungsgrundlagen sowie der Aktivitäten zur Realisierung eines Wissenstransfers auf europäischer Ebene lassen eine Bewertung der Wichtigkeit der ermittelten Ergebnisse zu.

2 Rechtliche Situation (Deponie)

Im Jahr 1999 hat der Rat der Europäischen Union die Deponierichtlinie beschlossen [AMTSBLATT DER EG 1999], die bis Juli 2001 in den Mitgliedsstaaten in nationales Recht durch Verordnung oder Gesetz umgesetzt werden musste. Durch die Vorgaben der Verord-

nung über die umweltverträgliche Ablagerung von Siedlungsabfällen [ABFABLV 2001] und der Verordnung über Deponien und Langzeitlager sowie ihrer Änderungen [DEPV 2002] werden entsprechende technische Anforderungen festgeschrieben.

Die Deponierichtlinie hat das Ziel, die negativen Auswirkungen, die von einer Deponierung von Abfällen ausgehen können, zu vermeiden bzw. zu verringern. So wird die grundsätzliche Forderung erhoben, dass zukünftig nur behandelte Abfälle deponiert werden dürfen [DEPV 2002].

Für bereits betriebene Deponien (Altdeponien) wird verlangt, dass sie innerhalb von acht Jahren an den in der Richtlinie festgelegten Standard anzupassen oder stillzulegen sind [AMTSBLATT DER EG 1999].

Da die Deponierichtlinie durch rechtlich verbindliche Vorschriften in nationales Recht umgesetzt werden muss, genügten die in Deutschland bereits existierenden Verwaltungsvorschriften wie die TA Abfall [TA ABFALL 1991] und die TAsi (Technische Anleitung Siedlungsabfall) [TAsi 1993] nicht. So hat der Gesetzgeber das KrW/AbfG (Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz) hinsichtlich einer Rechtsverordnungsermächtigung, auf deren Grundlage eine Deponieverordnung beschlossen werden kann, novelliert.

Artikel 13 der Deponierichtlinie enthält detaillierte Regelungen für die Stilllegung und die Nachsorge von Deponien, zu deren Umsetzung der § 36 des Krw/AbfG dahingehend angepasst und erweitert wurde. Im Jahr 2001 wurde die Verordnung über die umweltverträgliche Ablagerung von Siedlungsabfällen (AbfAbIV) geschaffen. Ziel war die Verrechtlichung der in der TAsi bereits bestehenden Ablagerungsanforderungen; die geologischen, technischen und betrieblichen Anforderungen der TA Siedlungsabfall wurden unverändert beibehalten.

Die AbfAbIV lässt eine Ablagerung von unbehandelten Siedlungsabfällen, die die im Anhang zur Verordnung aufgeführten Deponiezuordnungskriterien nicht einhalten, längstens bis zum 01.06.2005 zu. Des Weiteren wurde die Möglichkeit Deponien zu nutzen, die nicht den Anforderungen der Verordnung und der TAsi entsprechen, auf Juli 2009 begrenzt.

Der Erlass der Verordnung über Deponien und Langzeitlager (DepV) im Jahr 2002 stellte dann das letzte Glied in der Kette zur Umsetzung der EU-Deponierichtlinie in Deutschland dar. Auch die Deponieverordnung übernimmt weitreichende Teile der TA Abfall und der TAsi, nämlich dort, wo diese Anforderungen noch den Stand der Technik repräsentieren.

Die Folge aus diesem neu geschaffenen gesetzlichen Regelwerk ist, dass in Deutschland im Jahr 2005 bzw. 2009 eine große Anzahl von Deponien (überwiegend Siedlungsabfalldeponien) stillgelegt werden muss. Es stellt sich also die Aufgabe diese Abfalldeponien einer geordneten Nachsorge und einer damit einhergehenden möglichen Nachnutzung zuzuführen [GUDAT 2003].

Im Leitfaden zur Deponiestilllegung [VKS/ATV-DVWK 2003] wird für die Umsetzung von Rückbaumaßnahmen für bauliche und technische Anlagen darauf hingewiesen, dass diese nach den objektspezifischen und örtlichen Gegebenheiten, die zur langfristigen Gefahrenabwehr nicht mehr erforderlich sind, entsprechend der Nachnutzung/Folgenutzung zurückzubauen sind.

Mit Beendigung des Deponiebetriebes ist zu entscheiden, welche Betriebsanlagen, Gebäude, Straßen, Flächen usw. für die Nachsorge bzw. für eventuelle Folgenutzungen nicht mehr benötigt werden.

Zu den möglichen Rückbauobjekten zählen:

- Anlieferbereich mit Waage,
- Kleinanlieferer – Zwischenlagerbereich,
- Betriebsgebäude,
- Fahrzeughallen,
- Problemstoff- und Wertstoffhallen,
- Ablagerungsbereiche und
- Infrastruktur (Straßen, Lagerplätze, Rampen etc.).

Im Verlauf der Nachsorgephase werden die weiteren während der Nachsorge noch genutzten Einrichtungen wie z.B. Sickerwasseraufbereitungsanlage, Gasverwertungsanlagen, Mess- und Kontrolleinrichtungen, Tor- und Zaunanlagen usw. unter Beachtung der geplanten oder praktizierten Folgenutzung zum gegebenen Zeitpunkt ebenfalls zurückgebaut.

Die durch den Rückbau freiwerdenden Flächen sind in das vorhandene System der Oberflächenabdeckung/-abdichtung zu integrieren und durch Bodenauftrag (z.B. auch Verfüllung von Becken), Bepflanzung etc. anzupassen [VKS/ATV-DVWK 2003].

Ziel der planerischen Überlegungen zur Folgenutzung muss es sein, dass eine am Regionalplan und den spezifischen Standortgegebenheiten orientierte optimale Form der Flächen-nutzung entwickelt wird. Die technischen Maßnahmen zur Ermöglichung der Folgenutzung sollten die Restemissionen aus der Altablagerung weiter vermindern.

Parallel zum Weiterbetrieb der technischen Einrichtung zur Deponienachsorge, wie Kläranlagen oder Deponieentgasung, können Deponieflächen bereits im Rahmen einer Folgenutzung bewirtschaftet werden. Hier kann es zu sinnvollen Synergieeffekten kommen, z.B. Personaleinsatz.

Bei sensiblen Nutzungen müssen neben den rein emissionsbezogenen Betrachtungen auch subjektive Aspekte, wie Befindlichkeit und Akzeptanz durch die Öffentlichkeit, berücksichtigt werden (z.B. muss den Betroffenen das Vertrauen in die Wirkung von Schutz- und Abwehrmaßnahmen vermittelt werden können).

Im Zusammenhang mit der Erstellung eines landschaftspflegerischen Begleitplanes für die Deponie muss eine Auseinandersetzung mit möglichen und auszuschließenden Folgenutzungen erfolgen. Aus landespflegerischer Sicht ist die Wiedereinbindung der Deponiefläche in die umgebende Landschaft vorrangig.

Die angestrebte und zulässige Folgenutzung stellt bestimmte Anforderungen an die Rekultivierungsschicht (Mächtigkeit, Tragfähigkeit, Landschaftsbild, Vegetation etc.) neben ihrer Funktion der Überdeckung und des Schutzes des Abdichtungssystems. Sie kann gekennzeichnet sein durch öffentliche Interessen wie z.B.:

- forstwirtschaftliche Nutzung,
- Eingliederung in die Landschaft bzw. Schaffung eines Ausgleiches für beeinträchtigte Landschaft,
- Ansiedlung von Biotopen u.a.,

durch industrielle Nutzung wie z.B.:

- als Umschlagplatz,
- Errichtung von Behandlungsanlagen, Wertstoffsortieranlagen, Recyclinganlagen u.ä.,
- Lagerflächen für industrielle Güter,
- Standort für Windkraftanlagen, Solaranlagen u.a.

bzw. durch kommerzielle Nutzung wie z.B.:

- Lager, Zwischenlager (Container, Schüttgut etc.),
- Flächen für die Klärschlammvererdung,
- Anbauflächen für nachwachsende Rohstoffe,
- Anlagen zur Freizeit und Erholung (Parkanlagen),
- Parkplätze.

Voraussetzung für eine wirtschaftliche Folgenutzung ist, dass für eine Nachfolgegesellschaft oder einen privaten Nachfolger eines Deponiebetreibers (ggf. auch einen in der Nachsorgephase abgekoppelten Deponieinhaber bzw. Betreiber) ein ausreichender Verkehrswert mit einem Nutzen über mehrere Jahre besteht. Einfluss darauf haben das äußere Erscheinungsbild, der Funktionszusammenhang und die Stabilität des Deponiekörpers.

Die wirtschaftlichen Interessen des Betreibers einer Deponie zur Kostenminimierung während der Nachsorgephase sind mit der Schaffung ökonomischer Vorteile für potentielle Interessenten/Investoren zur Nachnutzung/Folgenutzung in Einklang zu bringen. Diesbezügliche Anforderungen an die zu realisierenden technischen Maßnahmen sind mit den Verantwortlichen für die Planung, den zukünftigen Investoren und den zuständigen Behörden abzustimmen. Gewerbliche Nutzungen sind zu befürworten, da sich die Deponiestandorte in der Regel durch eine gute Infrastruktur auszeichnen. Unter Einhaltung von Schutzvorkehrungen ist auch eine den besonderen Anforderungen des Deponiekörpers angepasste Bebauung möglich [VKS/ATV-DVWK 2003].

3 Allgemeines zu Deponien

3.1 Definition Deponie

In der EU-Deponierichtlinie [AMTSBLATT DER EG 1999] im [KRW/ABFG 1994], § 3 Absatz 10 und in der [ABFABLV 2001] werden Deponien als „Beseitigungsanlagen zur Ablagerung von Abfällen oberhalb der Erdoberfläche (oberirdische Deponien)...“ bezeichnet.

Somit sind Deponien, die im Rahmen dieser Arbeit betrachtet werden, per Definition geordneten Rechtsnormen unterliegende auf Dauer ausgerichtete oberirdische Plätze, auf denen bestimmte Abfälle abgelagert werden, die anders nicht mehr sinnvoll verwertet werden können.

3.2 Deponiearten

Oberirdische Deponien werden in die Grundtypen Halden-, Hang-, Gruben- und Behälterdeponie (siehe Abbildung 1) unterschieden. Diese Arbeit betrachtet jedoch nur die Halden-, Hang- und Grubendeponien, da nur diese relevante Flächen für eine potenzielle Nachnutzung darstellen.

Die Haldendeponie ist die gängigste Deponieform. Der Abfall wird auf der technisch vorbehandelten Erdoberfläche, dem Deponieplanum, zu einer Halde aufgeschichtet.

Bei einer Grubendeponie werden die Abfälle in eine technisch hergestellte und abgedichtete Grube bis zur Geländeoberkante eingefüllt. Zum Teil werden auch vorhandene Gruben aus Bergbau oder Rohstoffabbau als Deponie genutzt. Häufig sind in der Praxis auch Deponien zu finden, die Eigenschaften beider Deponiearten aufweisen. So werden Grubendeponien nach Verfüllung bis zur Geländeoberfläche noch zu einer Halde aufgeschüttet.

Die Hangdeponie passt sich im Allgemeinen der Geländeform in der Art an, dass die abzulaagernden Materialien am Rande einer Geländeerhöhung mit Ausrichtung zu einer Himmelsrichtung abgelagert werden.

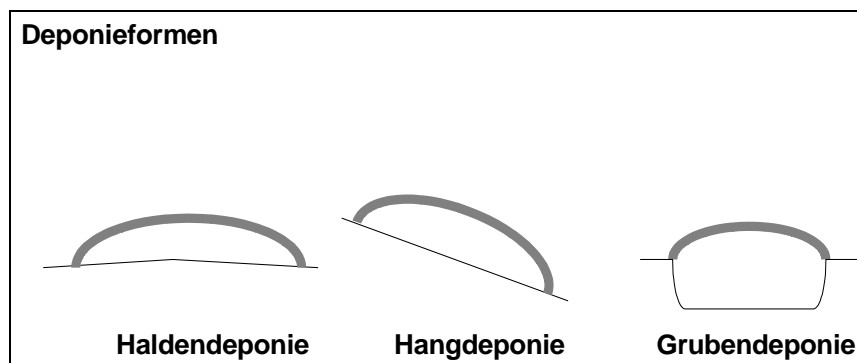


Abbildung 1: Deponiearten

3.3 Deponieklassen

Die EU-Deponierichtlinie unterscheidet Deponien in § 4 nach der Art ihrer einzulagernden Abfälle. Daraus ergeben sich Deponien für gefährliche, nicht gefährliche und für Inertabfälle.

Die AbfAbIV definiert zwei (Klasse I und II), die DepV unterscheidet 5 Deponieklassen (Klasse 0 bis IV). In der vorliegenden Untersuchung wird die Definition der AbfAbIV angewandt, da sich die Betrachtung ausschließlich auf die hier beschriebenen Deponieklassen beschränkt.

3.3.1 Deponieklasse I

Eine Deponie der Deponieklasse I ist bestimmt für die Einlagerung von Abfällen, die einen sehr geringen organischen Anteil enthalten und bei denen eine sehr geringe Schadstofffreisetzung im Auslaugversuch stattfindet [ABFABLV 2001]. Geeignet sind als inert geltende Abfälle wie z.B. Bauschutt oder Schlacken.

3.3.2 Deponieklasse II

Eine Deponie der Deponieklasse II ist bestimmt für die Einlagerung von Abfällen, einschließlich mechanisch-biologisch behandelter Abfälle, die einen höheren organischen Anteil enthalten als die, die auf Deponien der Klasse I abgelagert werden dürfen, und bei denen auch die Schadstofffreisetzung im Auslaugungsversuch größer ist als bei der Deponieklasse I und zum Ausgleich die Anforderungen an den Deponiestandort und an die Deponieabdichtung höher sind [ABFABLV 2001]. Zugelassene Abfälle sind unter anderem Siedlungsabfälle aus Haushaltungen.

3.3.3 Altdeponie

Eine Altdeponie ist keine Deponieklasse in dem bisherigen Sinn. Da aber der überwiegende Teil der in Deutschland vorhandenen Ablagerungsflächen, die auch zur Nachsorge und Nachnutzung anstehen, Altdeponien sind, wird der Begriff kurz erläutert. Altdeponien sind nach ABFABLV, 2001, „In Errichtung oder Betrieb befindliche Deponien oder in Errichtung oder Betrieb befindliche Deponieabschnitte, deren Errichtung oder Betrieb am 1. Juni 1993 zugelassen waren, oder nach § 35 des KrW/AbfG zulässig waren. Zudem Deponien, zu deren Zulassung das Planfeststellungsverfahren eingeleitet und die öffentliche Bekanntmachung am 1. Juni 1993 erfolgt war, d.h. Deponien, die vor Mitte 1993 in Betrieb waren, sind Altdeponien [VGL. TA ABFALL 1991].

3.4 Deponiephasen

Nach der Terminologie der DepV kann man den Lebenszyklus einer Deponie in unterschiedliche Phasen einteilen (siehe Abbildung 2):

- Ablagerungsphase,
- Stilllegungsphase,
- und Nachsorgephase.

Nach Abschluss der Nachsorgephase folgt im Allgemeinen eine Folgenutzung der Deponieflächen.

3.4.1 Ablagerungsphase

Gemäß Deponieverordnung [DEPV 2002] ist die Ablagerungsphase der Zeitraum von der Abnahme der für den Betrieb einer Deponie oder eines Deponieabschnittes erforderlichen Einrichtungen durch die zuständige Behörde bis zu dem Zeitpunkt, an dem die Ablagerung von Abfällen zur Beseitigung auf der Deponie oder dem Deponieabschnitt beendet wird.

Während der Ablagerungsphase werden auf der Deponie die Abfälle eingebracht. Die Ablagerungsphase endet mit dem Ende des Abfalleinbaus. Der Deponiebetreiber hat innerhalb der Ablagerungsphase einen rechtzeitigen Antrag auf Stilllegung der Anlage nach § 36 KrW/AbfG zu stellen. Während der Ablagerungsphase können bereits verfüllte Bereiche des Deponiekörpers mit einer Abdeckschicht versehen werden und stehen dann bereits einer potenziellen Nutzung zur Verfügung (s. Beispielstandort Buchen, Kap. 12.1).

3.4.2 Stilllegungsphase

Gemäß Deponieverordnung [DEPV 2002] ist die Stilllegungsphase der Zeitraum vom Ende der Ablagerungsphase der Deponie oder eines Deponieabschnittes bis zur endgültigen Stilllegung der Deponie.

Die Stilllegungsphase beginnt mit dem Ende des Abfalleinbaus. Innerhalb dieser Phase sind alle erforderlichen Maßnahmen durchzuführen, um zukünftige Auswirkungen auf die Schutzgüter Gesundheit des Menschen, Tiere und Pflanzen, Gewässer, Boden und Luft zu verhindern. Um dieses Ziel zu erreichen sind ein Messnetz und eine Oberflächenabdichtung nach den gesetzlichen Vorschriften zu installieren. Beides sind Überwachungselemente der späteren Nachsorgephase. Die Stilllegungsphase kann in Abhängigkeit von der Deponie und der Art und Zusammensetzung der eingelagerten Abfälle (organische Anteile) Zeiträume von <1 Jahr bis deutlich >10 Jahren umfassen. Die Dauer der Stilllegungsphase ist dabei in erster Linie abhängig vom Setzungsverhalten des Deponiekörpers und der damit verbundenen Gefahr der Beschädigung des Oberflächenabdichtungssystems.

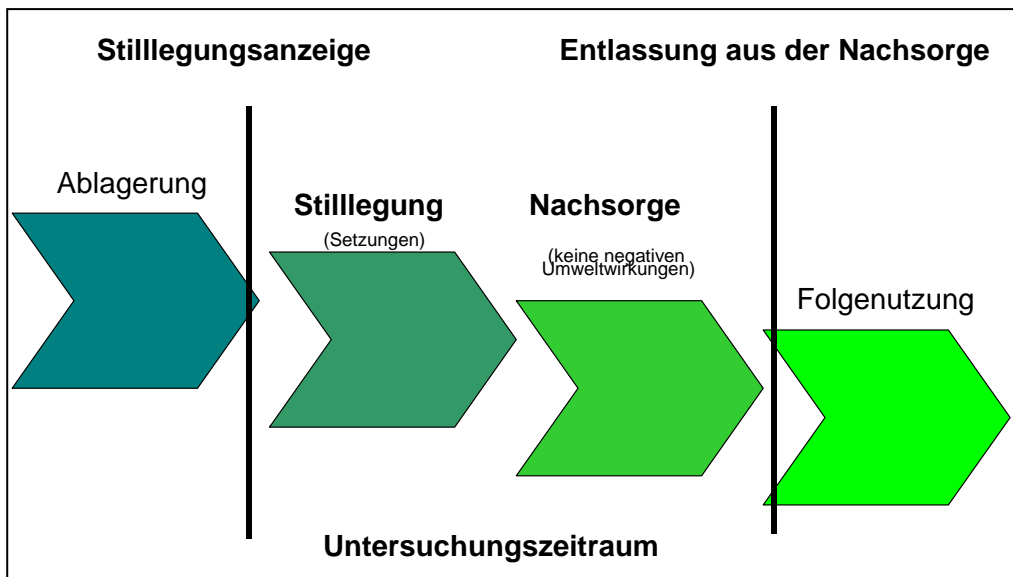


Abbildung 2: Deponiephasen

Sind in dieser Phase Setzungen des Deponiekörpers zu erwarten, die eine Oberflächenabdichtung beschädigen oder zerstören können, so ist die Aufbringung einer temporären Oberflächenabdeckung möglich, die in ihrer Ausgestaltung die Bildung von Sickerwasser minimiert und die Gasmigration aus dem Deponiekörper verhindert. Bestandteil der Stilllegungsphase kann auch die Vorbereitung der Oberflächenabdichtung bzw. Rekultivierung auf die künftige Nutzung sein. Die Stilllegungsphase endet mit der Schlussabnahme durch die zuständige Behörde, die den Abschluss der Stilllegung, auch endgültige Stilllegung genannt, feststellt.

3.4.3 Nachsorgephase

Gemäß Deponieverordnung [DEPV 2002] ist die Nachsorgephase der Zeitraum nach der endgültigen Stilllegung einer Deponie bis zu dem Zeitpunkt, zu dem die zuständige Behörde nach § 36 Abs. 5 des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes den Abschluss der Nachsorge feststellt. Die Nachsorgephase beginnt mit der endgültigen Stilllegung. Die Dauer der Nachsorgephase ist zeitlich unbestimmt. Die Deponie Richtlinie der Europäischen Union [AMTSBLATT DER EG 1999] geht von einem Zeitraum von mindestens 30 Jahren aus, was sich allerdings auf die Dauer der Hinterlegung einer finanziellen Sicherheitsleistung bezieht. In der Praxis wird häufig von 30–50-jährigen Nachsorgezeiträumen (inzwischen bis zu 150 Jahre und mehr) gesprochen. Bei Siedlungsabfalldeponien ist zum Teil aufgrund der zurzeit geltenden Anforderungen an das Sickerwasser von mehreren hundert Jahren die Rede. Der genaue Zeitraum hängt von der Zusammensetzung der eingelagerten Abfälle und einer möglichen Beschleunigung der biologischen Abbauprozesse ab. Es ist immer der deponiespezifische Einzelfall zu betrachten.

In der Nachsorgephase sind das Deponieverhalten und die Wirksamkeit der Langzeitsicherungsmaßnahmen zu überprüfen und zu dokumentieren. Die zuständige Behörde kann das Ende der Nachsorgephase auf Antrag feststellen, wenn von der Deponie keine Gefährdung auf die oben genannten Schutzgüter mehr ausgehen kann. Die Deponie unterliegt dann nicht mehr dem KrW/AbfG, sondern ist eine Altablagerung, für die die Vorschriften des Bundesbodenschutzgesetzes Anwendung finden.

3.5 Deponieoberflächen

Die Oberflächenabdeckung und –abdichtung von Deponien ist derzeit das vorrangig diskutierte Thema der Deponietechnik. Die TA Abfall (TAA) und TA Siedlungsabfall (TASi) geben zwar Regelabdichtungssysteme vor, lassen aber ausdrücklich gleichwertige Systeme bzw. andere geeignete Elemente der Abdichtungssysteme zu [BRÄCKER 2002].

3.6 Temporäre Deponieabdeckung

Wenn bei Deponien, hauptsächlich bei Siedlungsabfalldeponien, nach Verfüllende noch große Setzungen erwartet werden, die die Funktionsfähigkeit einer Oberflächenabdichtung gefährden können, ist es nach TASi zulässig, bis zum Abklingen der Hauptsetzungen eine temporäre Abdeckung vorzunehmen [TASi 1993]. Diese soll die Sickerwasserbildung minimieren und die Deponiegasmigration verhindern. Darüber hinaus verhindert sie Verwehungen von Staub, Papier und Leichtfraktionen, vermindert Geruchsemissionen und unterbindet Abfallverschleppungen durch Vögel.

Sofern die Sickerwasserbildung sofort nach Verfüllung minimiert werden soll (z.B. wegen fehlender Basisabdichtung), ist es zweckmäßig, die temporäre Abdeckung nahezu wasserundurchlässig auszubilden. In diesem Fall ist auch mit einer optimalen Gasfassung zu rechnen, da das Ansaugen von Außenluft verhindert wird. Jedoch besteht gerade bei Altdeponien, auf denen überwiegend unbehandelter Hausmüll abgelagert wurde, häufig ein Interesse, auch nach Verfüllende die biologischen Abbauprozesse aufrecht zu erhalten und den Deponiekörper zur Optimierung der Abbauprozesse für einen überschaubaren und kontrol-

liehbaren Zeitraum sukzessive zu stabilisieren. Hierzu kann im Einzelfall ein gewisser Wasserzutritt in den Deponiekörper zweckmäßig sein.

Ist eine funktionsfähige Basisabdichtung einschließlich Sickerwasserfassung vorhanden, ist es nicht zwingend erforderlich, die temporäre Abdeckung wasserdicht auszuführen. Die aktive Entgasung sollte dann so gesteuert werden, dass der Zutritt von Fremdluft gering bleibt und nahezu kein Deponiegas austritt. Mögliche Deponiegasemissionen sind mittels FID zu detektieren und zu kontrollieren. [BRÄCKER 2002].

Es gibt drei "wesentliche" temporäre Abdeckungen, die in der Praxis realisiert wurden/werden, die als technische Grundkonstruktionen angesehen werden können. "Zwischen" diesen technischen Eckpunkten, die betrachtet werden, existieren zahlreiche technische Detaillösungen (s.a. Tabelle 5).

Temporäre Abdeckung, die lediglich aus einer Bodenauflage auf dem Abfallkörper besteht.

Es werden lediglich mehr oder weniger große Mengen Substrat (möglichst bindig-schluffig) aufgebracht. Eine Minimierung der Sickerwassermengen soll durch Bodenverdichtung und Vegetationsdecke erreicht werden. Gasmigrationen sind zu befürchten, was die Vegetation negativ beeinflussen kann, da das Porenvolumen des Bodens durch Wasser oder Deponiegas ausgefüllt wird und somit kaum Sauerstoff zur Verfügung steht. Die Folge sind entsprechende Sickerwasser- und Gasvolumina.

Die Betreiber der Deponie in Buchen haben darauf hingewiesen, dass eine Reduzierung der Sickerwassermengen grundsätzlich aus wirtschaftlicher Sicht interessant ist. Die Umwandlung der temporären Abdeckung zu einer endgültigen Abdichtung könnte durch das Abschieben der mineralischen Schicht, das Verlegen des technischen Abdichtsystems und des erneuten Aufbringens der Bodenauflage am Ende der Stilllegungsphase erfolgen. Die Deponie ist in der ganzen Zeit befahrbar, wenn die Böschungsneigung dies zulässt. Da die oberste Deckschicht aus Boden besteht, sorgt der sich ansiedelnde Bewuchs für eine gefällige Einbindung der Deponie in die Landschaft. [BRÄCKER 2002].

Dieses Modell der temporären Abdeckung wurde in der Vergangenheit häufig umgesetzt (z.T. sogar mit sandigem Boden wie z.B. in Braunschweig), ist aber aktuell im Regelfall nicht mehr genehmigungsfähig. Temporäre Abdeckungen dieses Typs können entsprechend nur bei älteren Deponien oder Deponieabschnitten angetroffen werden.

Temporäre Abdeckung, die aus einer Kunststoffdichtungsbahn und einer Auflage aus Autoreifen oder entsprechenden Materialien besteht.

Diese temporäre Abdeckung wurde auch im Regierungsbezirk Braunschweig genehmigt und realisiert (s. Beispielstandort Gifhorn). Hierbei sind eine Nutzung und ein Befahren des Deponiekörpers nicht möglich. Vorteile sind die gute Kontrollierbarkeit der Folie, die geringen Kosten und eine leichte Wiederaufnahme der Folie (z.B. zum Weiterbetrieb des Deponieabschnittes). Nachteile sind die geringe Lebensdauer und Anfälligkeit der Folie in Bezug auf mechanische Beschädigungen. Um eine Verwehung der Kunststoffdichtungsbahn (KDB) zu verhindern, muss diese durch geeignete Auflasten (z.B. Autoreifen, Sandsäcke) gesichert

werden. Das Fassungssystem für den Oberflächenabfluss am Fuß der Deponie ist so zu gestalten, dass bei starken Niederschlagsereignissen entsprechende Wassermengen gefasst werden können [LAGA 2000].

Temporäre Abdeckung, die aus Modulen oder technischen Elementen einer endgültigen Abdichtung besteht.

Hier wird der Aufbau bewusst so gewählt, dass die temporäre Abdeckung möglicherweise unverändert oder mit geringem Zusatzaufwand in den endgültigen Zustand übernommen werden kann. Wir haben hier sowohl eine mineralische Dichtung und eine Kunststoffdichtungsbahn bzw. gleichwertige Systeme vorliegen. Diese temporären Abdeckungssysteme können mit oder ohne Dränageschichten und Ausgleichs- und Schutzauflagen ausgestaltet sein. Die am weitesten entwickelten Systeme sind temporäre Abdeckungen, die einer endgültigen Abdichtung sehr nahe kommen.

Wurde eine endgültige Oberflächenabdichtung vorerst als temporäre Abdeckung zugelassen, erfüllt aber nach Abklingen der Hauptsetzungen am konkreten Standort die Schutzziele der TA Siedlungsabfall wie ein Regelabdichtungssystem und wurde ihre Funktionstüchtigkeit und Langzeitbeständigkeit nachgewiesen, kann sie im Einzelfall als endgültige Oberflächenabdichtung anerkannt werden [BRÄCKER 2002].

Tabelle 5: Praktisch umgesetzte temporäre Oberflächenabdeckungen bei Altdeponien mit nicht vorbehandelten Siedlungsabfällen sowie ähnlichen gewerblichen und industriellen Abfällen gemäß TAsI, 1993

	Ausführung
Temporäre Oberflächenabdeckungen	<p>Zeitweilige Abdeckung von Deponien in der Zeit der Hauptsetzung, sofern aufgrund der Abfallzusammensetzung nach dem Verfüllen noch große Setzungen zu erwarten sind. Die Materialien und ihre Eigenschaften bestimmen sich nach der hauptsächlichen Zielsetzung</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bodenbedeckungen (teilweise mehrere Meter) - Mineralische Abdichtungen (0,4 m bis 1,7 m; meist $k_f < 10^{-8}$ m/s; geringmächtige Bodenabdeckung - Mineralische Abdichtungen mit Rezepturen aus natürlichen Böden und Abfällen - Kunststoffdichtungsfolien oder -bahnen, Planen (teilweise Recyclate, überlappt, verschweißt, verklebt; mit und ohne Bodenüberdeckung, belastet mit Reifen, Sandsäcken oder Rigolen) - Asphaltabdichtungen - Bentonitmatten (ein- und zweilagig, überdeckt mit Dränmatten und Boden) - Vliese mit Anspritzungen aus Bitumen und Tonmehl (mit Stahlbügeln verankert) - Bauschutt mit Mutterbodenabdeckung

3.7 Endgültige Oberflächenabdichtung

Die Oberflächenabdichtung besteht grundsätzlich aus dem Auflager für die Abdichtung, der Abdichtungsschicht, der Entwässerungsschicht über der Abdichtung, einer Deckschicht entsprechend der Nutzung (meist eine Rekultivierungsschicht) die auch gleichzeitig als Schutzschicht für die Abdichtungsschicht wirken kann (s. Abbildung 3, Tabelle 7).

Die Oberflächenabdichtung soll den Deponiekörper von der Umgebung trennen und eine "funktionale" Dichtigkeit gewährleisten. Ziel ist es, den Kontakt von Menschen und Tieren mit den abgelagerten Abfällen dauerhaft zu verhindern. Die Emission von Staub, Wasser und Gasen aus den abgelagerten Abfällen in die Umwelt soll vermieden werden. Negative Auswirkungen auf den Wasserhaushalt sind zu vermeiden.

Die Abhängigkeit der Struktur der Oberflächenabdichtung von der Folgenutzung lässt sich auch aufgrund der Regelung der DepV begründen. Es heißt, dass die Rekultivierungsschicht durch eine auf die entsprechende Nutzung abgestimmte Überdeckung ersetzt werden kann.

Der Unterschied zwischen Oberflächenabdichtung und Oberflächenabdeckung besteht darin, dass eine Oberflächenabdeckung temporär und eine Oberflächenabdichtung dauerhaft ist. Technische Anforderungen an die Oberflächenabdeckung können geringer sein als an die Oberflächenabdichtung.

Die Vorteile eines Aufbringens einer Oberflächenabdichtung mit vorherigem Einsatz einer temporären Oberflächenabdeckung sind, dass

- Setzung abgeklungen sind und Sickerwasserfrachten abgenommen haben,
- ein größerer Spielraum für Folgenutzungen gegeben ist und
- Investitionen zeitlich gestreckt werden können.

Die Regelung des § 12 Abs. 5 DepV ermöglicht durch das Aufbringen einer "temporären" Oberflächenabdeckung die oben genannten Vorteile zu nutzen und so die Sickerwasserbildung zu minimieren sowie die Deponiegasmigration zu verhindern [VKS/ATV-DVWK 2003], [PALM, SCHMITT-TEGGE, SONDERMANN, 2003].

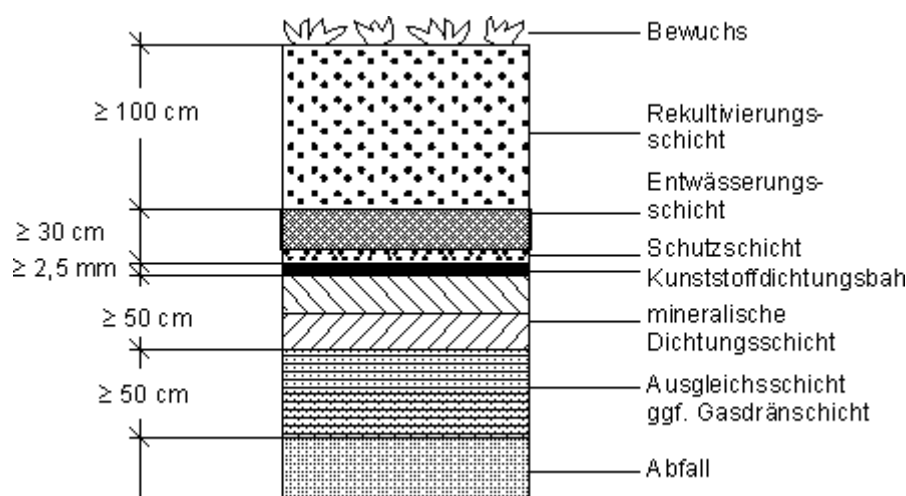


Abbildung 3: Deponieoberflächenabdichtung, Deponiekategorie 2

Tabelle 6: Definition der Anforderungen an Deponieabdeckschichten nach Technischer Anleitung Siedlungsabfall (TASi 1993)

Element der Abdichtung	Anforderungen
Rekultivierungsschicht	mindestens 1 m dicke Schicht aus kulturfähigem Boden
	mit geeignetem Bewuchs zu bepflanzen
	Schutz der Dichtung vor Wurzel- und Frosteinwirkungen
	ausreichend Schutz gegen Wind- und Wassererosion
	bei angestrebter und zulässiger Folgenutzung kann diese durch eine auf die entsprechende Nutzung abgestimmte Überdeckung mit gleichwertiger Schutzwirkung ersetzt werden
Entwässerungsschicht	Dicke $d = 0,3 \text{ m}$
	das Entwässerungsmaterial ist flächig aufzubringen und soll einen Durchlässigkeitsbeiwert $k_f = 10^{-3} \text{ m/s}$ nicht unterschreiten
Dichtung (Klasse 1)	mineralische Dichtung ($> 50 \text{ cm}$) oder gleichwertige Dichtung
Dichtung (Klasse 2)	Kombinationsabdichtung <ul style="list-style-type: none"> - mineralische Dichtungsschicht ($> 0,5 \text{ m}$ und Durchlässigkeitsbeiwert $k_f = 5 * 10^{-9} \text{ m/s}$ bei $i = 30$ (Laborwert)) - Kunststoffdichtungsbahn ($d > 2,5 \text{ mm}$, bevorzugt aus Recyclaten) - Schutzschicht
	nach Abklingen der Setzungen des Dichtungsaufagers muss ein Gefälle von 5% vorhanden sein
Dichtungsauflager	verdichtete Ausgleichsschicht aus homogenem, nicht bindigem Material
	Dicke $d > 0,5 \text{ m}$
	wenn Gasbildung festgestellt wird und Gas nicht in der Ausgleichsschicht gefasst und abgeleitet werden kann, ist zusätzlich über der Ausgleichsschicht eine Gasdränschicht mit einer Mindestdicke von $d > 0,3 \text{ m}$ anzuordnen
	der Kalziumcarbonatanteil des Materials der Entwässerungsschicht darf nicht mehr als 10 Masse-% betragen

Tabelle 7: Zusätzliche relevante Anforderungen für die Nachsorge und Nachnutzung der Deponieflächen nach Technischer Anleitung Siedlungsabfall (TASi 1993)

Anforderung	Datenerfassung
Einrichtungen zur Überwachung	Grundwasserüberwachungssystem, (Anstrom- und Abstrombereich der Deponie)
	Setzungen und Verformungen des Deponiekörpers
	Setzungen und Verformungen der Deponieabdichtungssysteme
	Meteorologische Datenerfassung: <ul style="list-style-type: none"> - Niederschläge - Temperatur - Wind - Verdunstung
	Wasservolumen für die Wasserhaushaltsbilanz
	Qualität von Sickerwässern und sonstigen Wässern
	Einrichtungen für Deponiegasmessungen und Gaspegel zur Emissionsüberwachung
	Eigenkontrollen während der Betriebs- und Nachsorgephase gemäß Anhang G der TA Abfall
	EDV-gestützte Datenerfassung

Die in Tabelle 7 genannten Parameter und Anforderungen sind in der Nachsorgephase durchzuführen und zu dokumentieren.

Zusätzlich werden auch Anforderungen an Altanlagen formuliert, die den Umgang mit bereits stillgelegten Deponiestandorten regeln. Es gelten für diese Anlagen die gleichen kontinuierlich aufzunehmenden Überwachungsparameter, die in der technischen Anleitung für abzuschließende und in die Nachsorge zu überführende Anlagen angeführt sind.

Die Regelungen zur Realisierung von Deponieoberflächenabdichtungssystemen wurden im Rahmen von Gleichwertigkeitsnachweisen flexibilisiert. In den Arbeitsblättern der LAGA-Arbeitsgruppe [LAGA 2000] werden alternative oder modifizierte Oberflächenabdichtungssysteme dargestellt (Tabelle 8). Sie dienen zur individuellen Bewertung von Deponiestandorten und der Weiterentwicklung der Abdichtungssysteme unter Einbeziehung aktueller wissenschaftlicher Erkenntnisse.

Tabelle 8: Alternative genehmigungsfähige Oberflächenabdichtungssysteme/-module [LAGA 2000]

Dichtungssystem	Beschreibung
Asphaltdichtung	<p>Asphaltdichtungsschicht als Ersatz der Kunststoffdichtungsbahn im System Kombinationsabdichtung oder als alleiniges Abdichtungselement:</p> <ul style="list-style-type: none"> - hohe Gas- und Wasserdichtigkeit (Konvektionssperre) - hohe mechanische Belastbarkeit - gute Verformbarkeit - Unempfindlich gegen Austrocknung - Wurzelfestigkeit - hohe Standsicherheit
Bentokiesabdichtung	<p>Einsatz von Bentokies in Oberflächenabdichtungssystemen</p> <ul style="list-style-type: none"> - standsichere Ausführung steiler Böschungen durch hohe Scherfestigkeit - Verwendung örtlicher Baumaterialien und Optimierung der Ökologie und Ökonomie (Transportminimierung) - schrumpfungsunempfindlich und damit wenig gefährdet durch Trocknungsrisse
Bentonitmatten	<p>Einsatz von Bentonitmatten für Oberflächenabdichtungen und –abdeckungen von Deponien</p>
Geotextile Entwässerungsschichten	<p>Geotextile Entwässerungsschichten in Oberflächenabdichtungen und -abdeckungen von Deponien</p> <ul style="list-style-type: none"> - Zurückhalten von Feinteilen aus der Rekultivierungsschicht (Filterstabilität) - Ableiten des einsickernden Niederschlagswassers
Kapillarsperre	<p>Oberflächenwasser wird in einer aus Feinsand bestehenden, geneigten Kapillarschicht, die über einem Kapillarkblock aus Kies angeordnet ist, hangparallel abgeführt</p> <ul style="list-style-type: none"> - in der Regel geringerer bautechnischer Aufwand gegenüber Regelaufbau TASI - einfache Qualitätssicherung möglich - Unempfindlichkeit gegen Austrocknung - Standsicherheit in stark geneigten Deponieflanken
Kunststoffdichtungsbahn	<p>Kunststoffdichtungsbahnen als alleiniges Abdichtungselement in der Oberflächenabdichtung von Siedlungsabfalldeponien</p>
Wasserglasvergütete Abdichtungen	<p>wasserglasvergütete Mineralgemische als mineralische Komponente in der Regelabdichtung</p>

3.8 Kosten der Oberflächenabdichtung und der Rekultivierung

In nachfolgender Tabelle 9 sind die Kosten der Erstellung der verschiedenen Oberflächenabdichtungssysteme und der Rekultivierungsschicht beispielhaft dargestellt. Als Richtwert entstehender Kosten für die Errichtung einer konventionellen Oberflächenabdichtung gibt RÖDEL [2002] ca. 42–59 €/m² an. Davon entfallen ca. 0,90 € auf die Begrünung und 8,50 € auf die Rekultivierungsschicht von 1m Mächtigkeit.

Tabelle 9: Kosten verschiedener Oberflächenabdichtungen und der Rekultivierung [RÖDEL 2002]

	Kombi- dichtung	Kunststoff Dichtungsbahn + Dich- tungskontroll- system	Kunststoff Dichtungsbahn + Geotextile Dränage	KDB Polymer- vergütet, Mineral- dichtung	Wasser- haus- halts- schicht	Kapillar- sperre
Begrünung [€/m ²]	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Rekultivierungs- schicht [€/m ²]	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5
Dränage [€/m ²]	8	8	8	8	8	8
Schutzlage [€/m ²]	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
Dichtung: Dichtung (KDB) [€/m ²]	8,00	8,00	8,00	8,00	25,00	30,00
Dichtung, minera- lisch [€/m ²]	20,00		10,00	17,50		
Dichtungs Kontroll- system [€/m ²]		4,50				
Trennfließ [€/m ²]	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Sonstiges	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Gesamt [€/m ²]	56,90	41,40	46,90	54,40	53,90	58,90
Barwert der Be- triebskosten [€] [DKS für 30 Jahre]		0,77				
Gesamtkosten [€] (50.000m ²)	2.445.000	1.708.431	1.845.000	2.320.000	2.295.000	2.545.000
Bauzeit [Monaten]	8	4	6	7	6	8

3.9 Nachnutzungsoptionen für stillgelegte Deponien

Neben konkret realisierten Folgenutzungen auf ehemaligen Deponiestandorten (s. Tabelle 10) sind eine Vielzahl weiterer Nutzungsmöglichkeiten denkbar, die jeweils unter den standortspezifischen Rahmenbedingungen entsprechend der Aufgabenstellung der Machbarkeitsstudie zu betrachten und bzgl. ihrer Anwendbarkeit zu bewerten sind.

Tabelle 10: Modelle zur Rekultivierung und Nachnutzung von Deponien

Konzept Rekultivierung/Nachnutzung	Literatur
Gewerbegebiet, Gelände eines Reitclubs; Deponie Neumuehle, Amberg, Bayern	STIEF 2001
Rückbau und Ablagerung auf einer Deponie die dringend Abfälle zur Auffüllung benötigte; Deponie am Lindenbach, Landkreis Garmisch-Partenkirchen, Bayern	STIEF 2001
Playmobil Fun Park; www.playmobil.com/usfunparks/zirndorf/zirndorf.html Deponie Leichendorf, Zirndorf, Landkreis Fürth, Bayern	STIEF 2001
Bundesgartenschau 1999, Parkanlage; www.magdeburg-aktuell.de/Events/Archiv/Buga/start.asp Deponie Cracauer Anger, Magdeburg, Sachsen-Anhalt	STIEF 2001
Wintersportzentrum für Alpin Ski; www.allrounder.de , Deponie Neuss und Schlackenhalde Bottrop, Nordrhein-Westfalen	STIEF 2001
Nutzung zu Freizeitwecken	RETTEBERGER 2001
Anlage von Lagerplätzen	RETTEBERGER 2001
Standort von Anlagen (zum Beispiel der Abfallwirtschaft)	RETTEBERGER 2001
Einrichtung von Energiegewinnungsanlagen (Windenergiegewinnung, Photovoltaikanlagen, etc.)	RETTEBERGER 2001
Einrichtung von Golfplätzen (zurzeit in den USA und den Niederlanden realisiert)	RETTEBERGER 2001
EXPO-Projekt, Park der Sinne, www.laatzten.de/html/firstindex.html	LAATZEN ONLINE 2003

Ökologisch ausgerichtete Folgenutzungen:

- Nutzung als ökologische Ausgleichsfläche
- Ansiedlung von Biotopen etc.

Diese Nachnutzungen sind auf jedem Deponietyp aller Deponieklassen möglich. Auch die Anforderungen an die Lage sind gering.

Nachteilig wirkt sich allerdings aus, dass aus diesen Nutzungen keinerlei Einnahmen zu erwarten sind. Im Gegenteil wird die Unterhaltung der Flächen, sofern sie nicht einer natürlichen Sukzession überlassen werden, langfristige Kosten verursachen.

Es sollte beachtet werden, dass der Boden eine genügend hohe Feldkapazität aufweist, so dass verhindert wird, dass die Wurzeln der Pflanzen in die Tiefe wachsen und es zu einer Schädigung des Abdichtungssystems kommt.

Die Pflanzen selber können auch durch Deponiegas im Wurzelbereich oder toxische Wirkungen von Spurenstoffen gefährdet bzw. in ihrem Wachstum eingeschränkt werden [GUDAT 2003].

Wirtschaftlich ausgerichtete Folgenutzungen:

- Gewerbeflächen
- Lagerplätze
- Abfallbehandlungsanlagen
- Einkaufszentren
- Wohnbebauung
- Parkplätze

Grundsätzlich ist zu überlegen, ob diese Nutzungen auf der Ablagerungsfläche oder auf der sonstigen Betriebsfläche angeordnet werden. Wenn möglich sollten die vorhandenen Infrastruktureinrichtungen dafür genutzt werden.

Bei einer Anordnung auf der ehemaligen Ablagerungsfläche ist zu beachten, dass eine dichte Grundfläche herzustellen ist (z.B. Asphaltierung), für die dann ein Nachweis zur Ableitung des Oberflächenwassers geführt werden muss. Zusätzlich sind die weitergehenden Anforderungen aus der Nachsorge an die Gebäudekonstruktion zu berücksichtigen.

In Bezug auf die Deponieklasse I gibt es keine Bedenken. Bei Deponieklasse II kann es durch die hohen Setzungen und Deponiegasbildungen zu Schwierigkeiten kommen. Hierbei ist dann auch das Aufbringen einer zusätzlichen Auflast durch schwere Maschinen oder Anlagenteile problematisch. Die Nutzungen eignen sich in Bezug auf die Ablagerungsfläche eher für eine Grubendeponie.

Die Anforderungen an die Lage sind gering. Es sollte ein verkehrsgerechter Anschluss (für Schwerlastverkehr) an das Straßennetz sowie die üblichen Erschließungen vorhanden sein. Grundsätzlich ist der Bedarf an die Einrichtung solcher Anlagen vorher gründlich festzustellen, konkret sollte ein interessierter Investor vorhanden sein [GUDAT 2003].

Folgenutzungen zu Freizeit- und Erholungszwecken:

- Grünanlage
- Aussichtrestaurant
- Freizeitpark
- Lehrpfad
- Sportanlagen (Golf, Rodeln, Skihalle, Rollschuhbahn usw.)

Dies sind die bisher am häufigsten durchgeführten Nachnutzungen. Das Anlegen von Spazierwegen, Sportflächen u.ä. ist technisch, sofern die Anforderungen der Nachsorge beachtet werden, relativ einfach zu realisieren. In Teilen sind eventuell Nutzungseinschränkungen in Form von Absperrungen, Verbot von offenem Feuer u.ä. vorzusehen.

Diese Nachnutzungen sind prinzipiell auf jeder Deponieform und jeder Deponieklasse möglich; allerdings sind hierbei auch wieder die deponiespezifischen Belastungen bei Siedlungsabfalldeponien zu berücksichtigen.

Ein wichtiger Punkt ist ebenso die Beachtung des Bedarfs. Eine Parkanlage wird in einem ländlich geprägten Raum aufgrund des fehlenden Erholungsdruckes nicht angenommen werden. Innerhalb eines Ballungszentrums wäre die Nachfrage wiederum gegeben.

Bei Freizeiteinrichtungen ist zwischen Anlagen, die nur regionale Nutzer (wie Rollschuhbahn) ansprechen und überregional bedeutsamen Anlagen wie eine Indoor-Skihalle oder ein Golfplatz, für die die Besucher auch längere Wege in Kauf nehmen würden, zu unterscheiden.

Durch gut geplante Anlagen dieser Art könnte ein Teil der Nachsorgekosten gedeckt oder die Nachsorge sogar dem Betreiber der Anlagen übertragen werden [Gudat 2003].

Nachnutzung mittels Anlagen zur Energiegewinnung:

- Windräder
- Photovoltaik
- Biogas

Die Einrichtungen dieser Anlagen sind auf Deponien technisch gut möglich. Beim Anordnen von Windrädern auf der Ablagerungsfläche ist allerdings die Frage der Fundamentierung und der Setzungsempfindlichkeit zu klären.

Photovoltaikanlagen sind sowohl auf Dachflächen von Gebäuden als auch auf der Ablagerungsfläche selbst denkbar, hierbei ist jedoch auf eine geeignete Oberflächengestaltung, die die Oberflächenentwässerung und den Erosionsschutz gewährleistet, zu achten.

Eine sinnvolle Folgenutzung der vorhandenen Infrastruktur, z.B. von Klärbecken, stellt eine Biogasanlage dar, die auch in Kombinationen mit Wind- und Sonnenenergie denkbar ist.

Vorteilhaft sind die Einnahmen aus diesen Anlagen durch Einspeisung der hergestellten Energie in das öffentliche Stromnetz, die einen Teil der Nachsorgekosten decken könnten. Problematisch kann sich hingegen gerade bei Windrädern die Akzeptanz der umliegenden Bevölkerung darstellen, da das Aufstellen einen erheblichen Eingriff in das Landschaftsbild bedeutet.

Energiegewinnungsanlagen eignen sich gut in Kombination mit anderen Nachnutzungen (z.B. Gewerbebetrieb) [Gudat 2003].

Landwirtschaftliche Nachnutzungen:

- Gärtnerei, Obstplantage
- Weide
- Ackerbau

Landwirtschaftliche Nutzungen sind nur eingeschränkt auf stillgelegten Deponien möglich. Die Produktion von Lebensmitteln sollte auf der Ablagerungsfläche von Deponien der Klassen II unterbleiben. Außerdem gewährleistet eine Ackerbewirtschaftung keinen durchgehen-

den Bewuchs auf der Oberfläche, was aus Gründen des in der Nachsorge geforderten Erosionsschutzes ausgeschlossen werden muss.

Die Weidebewirtschaftung, die z.B. in Form von Schafen auch zu geringeren Unterhaltungskosten (Wegfallen der Mahd) führen würde, kann nur umgesetzt werden, wenn sichergestellt ist, dass das Fleisch der Tiere nicht zum allgemeinen Verzehr verwendet wird. [GUDAT 2003].

4 Allgemeine Ziele des Naturschutzes

Die allgemeinen naturschutzfachlichen Vorgaben und Ziele des Naturschutzes ergeben sich grundsätzlich aus dem Bundesnaturschutzgesetz [BNatSchG, § 1 und 2, Abs.1].

BNatSchG 2002 § 1 Ziele des Naturschutzes und der Landschaftspflege:

„Natur und Landschaft sind auf Grund ihres eigenen Wertes und als Lebensgrundlagen des Menschen auch in Verantwortung für die künftigen Generationen im besiedelten und unbesiedelten Bereich so zu schützen, zu pflegen, zu entwickeln und, soweit erforderlich, wiederherzustellen, dass

- die Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushalts,
- die Regenerationsfähigkeit und nachhaltige Nutzungsfähigkeit der Naturgüter,
- die Tier- und Pflanzenwelt einschließlich ihrer Lebensstätten und Lebensräume sowie
- die Vielfalt, Eigenart und Schönheit sowie der Erholungswert von Natur und Landschaft auf Dauer gesichert sind.“

Diese Ziele gelten übergreifend für alle Landschaftsteile „im besiedelten und unbesiedelten Bereich“, müssen also auch auf die Nachnutzung von Siedlungsabfalldeponien angewandt werden. Bereits der Eingangsparagraph des Naturschutzgesetzes verpflichtet generell dazu, die unter Satz 1 bis 4 genannten Bestandteile und Funktionen von Natur und Landschaft zu sichern und „soweit erforderlich, wiederherzustellen“. Die Betreiber sind schon hierdurch gesetzlich verpflichtet, eine möglichst naturverträgliche Nachnutzung vorzusehen.

Das BNatSchG 2002 nennt im § 2 „Grundsätze des Naturschutzes und der Landschaftspflege“ 15 Grundsätze, nach deren Maßgabe die Ziele des Naturschutzes und der Landschaftspflege unter Abwägung der sonstigen Anforderungen der Allgemeinheit an Natur und Landschaft (Anbau von Energiepflanzen) zu verwirklichen sind.

Für eine Nachnutzung abgedeckter Siedlungsabfalldeponien durch die Produktion nachwachsender Rohstoffe unter Naturschutzgesichtspunkten können daraus nachstehende Forderungen abgeleitet werden:

1. Der Naturhaushalt ist in seinen räumlich abgrenzbaren Teilen so zu sichern, dass die den Standort prägenden biologischen Funktionen, Stoff- und Energieflüsse sowie landschaftlichen Strukturen erhalten, entwickelt oder wiederhergestellt werden.
2. Der Nutzung sich erneuernder Naturgüter kommt eine besondere Bedeutung zu; sie dürfen nur so genutzt werden, dass sie nachhaltig zur Verfügung stehen.
3. Natürliche oder von Natur aus geschlossene Pflanzendecken sind zu sichern. Für nicht land- oder forstwirtschaftlich oder gärtnerisch genutzte Böden, deren Pflanzen-

decke beseitigt worden ist, ist eine standortgerechte Vegetationsentwicklung zu ermöglichen. Bodenerosionen sind zu vermeiden.

4. Schädliche Umwelteinwirkungen sind auch durch Maßnahmen des Naturschutzes und der Landschaftspflege gering zu halten.
5. Unvermeidbare Beeinträchtigungen von Natur und Landschaft (Deponieaufschüttung) sind insbesondere durch Förderung natürlicher Sukzession, Renaturierung, naturnahe Gestaltung, Wiedernutzbarmachung oder Rekultivierung auszugleichen oder zu mindern.
6. Zur Sicherung der Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushalts ist die biologische Vielfalt zu erhalten und zu entwickeln. Sie umfasst die Vielfalt an Lebensräumen und Lebensgemeinschaften an Arten sowie die genetische Vielfalt innerhalb der Arten.
7. Die wild lebenden Tiere und Pflanzen und ihre Lebensgemeinschaften sind als Teil des Naturhaushalts in ihrer natürlichen und historisch gewachsenen Artenvielfalt zu schützen. Ihre Biotope und ihre sonstigen Lebensbedingungen sind zu schützen, zu pflegen, zu entwickeln oder wiederherzustellen.
8. Auch im besiedelten Bereich sind Naturbestände, wie Wald, Hecken, Wegraine, Saumbiotop, Bachläufe, Weiher sowie sonstige ökologisch bedeutsame Kleinstrukturen zu erhalten und zu entwickeln.
9. Nicht mehr benötigte versiegelte Flächen (Deponieabdeckung ohne Substratauflage) sind zu renaturieren oder, soweit eine Entsiegelung nicht möglich oder nicht zumutbar ist, der natürlichen Entwicklung zu überlassen (Sukzession).
10. Bei der Planung von ortsfesten baulichen Anlagen (Deponien) und deren Nutzung sind die natürlichen Landschaftsstrukturen zu berücksichtigen. Verkehrswege, Energieleitungen und ähnliche Vorhaben sollen so zusammengefasst werden, dass die Zerschneidung und der Verbrauch von Landschaft so gering wie möglich gehalten werden (Synergismen der Nachnutzung).
11. Die Landschaft ist in ihrer Vielfalt, Eigenart und Schönheit auch wegen ihrer Bedeutung als Erlebnis- und Erholungsraum des Menschen zu sichern. Ihre charakteristischen Strukturen und Elemente sind zu erhalten oder zu entwickeln (Naturnahe Nachnutzung von Deponien).

Grundsätzlich besteht ein Spannungsfeld zwischen diesen Naturschutzforderungen und einer intensiven Landnutzung. Dieser Nutzungskonflikt liegt auch beim Anbau nachwachsender Rohstoffe vor.

Soll eine naturschutzoptimierte Nachnutzung von Deponien mit Energiepflanzen erfolgen, so ist auf die naturschutzfachlichen Grundsätze im Einzelnen zurückzugreifen und dabei das Prinzip der Angemessenheit zu berücksichtigen [Abwägungsgebot § 2 BNatSchG, 2002].

Um den Nutzungskonflikt zu minimieren, wurden nachfolgend die genannten grundsätzlichen Forderungen des Naturschutzes für den Anbau von Energiepflanzen auf Deponien so weit als möglich berücksichtigt. Dabei kann der Energiepflanzenanbau als „sonstige Anforderungen der Allgemeinheit an Natur und Landschaft“ angesehen werden.

5 Energetische Nutzung von Biomasse auf Deponiestandorten

5.1 Motivation

Die Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen zur Substitution von fossilen Rohstoffen weist bei der Energieerzeugung mehrere Vorteile auf. Nachwachsende Energieträger sind erneuerbar und können fossile, endliche Ressourcen schonen. Durch den Anbau von nachwachsenden Rohstoffen können neue Einkommensquellen für Land- und Forstwirtschaft geschaffen und so die regionalen Märkte gefördert werden. Bei der Verbrennung verhält sich Biomasse CO₂-neutral, da die Menge an CO₂ freigesetzt wird, die von der Pflanze zuvor aus der Atmosphäre gebunden wurde. Zudem kann bei der energetischen Nutzung von Biomasse die Abhängigkeit von fossilen Energieträgern, d.h. vom internationalen Energiemarkt, verringert werden. Aus diesen Gründen wird die energetische Nutzung von Biomasse politisch vorangetrieben.

Sowohl auf europäischer als auch auf nationaler Ebene gibt es Ziele, die Anteile der erneuerbaren Energien am Primärenergieverbrauch zu erhöhen, um klimarelevante Emissionen zu vermindern. Bis 2010 soll der Anteil der erneuerbaren Energie verdoppelt werden, so dass für Deutschland das Ziel bei 4,2 % des Primärenergieverbrauchs festgesetzt ist. In dem Verkehrssektor soll der Anteil der Erneuerbaren Energien bis 2010 bei 5,75 % liegen. Hierbei wird Biomasse als erneuerbarer Energieträger in der Zukunft einen relativ hohen Stellenwert bei der Energieerzeugung besitzen [FRITSCH 2004]. Die Bundesregierung unterstützt den verstärkten Einsatz von Biomasse zur energetischen Nutzung zum Einen durch das Erneuerbaren-Energien-Gesetz, das die Einspeisevergütung von Strom aus erneuerbaren Energien regelt, durch Markteinführungsprogramme und durch die Befreiung der biogenen Kraftstoffe von der Mineralölsteuer.

5.2 Produktion von Energiepflanzen

Aufgrund der politischen Bestrebungen, den Anteil der biogenen Energieträger am Primärenergieverbrauch zu erhöhen, ist die Produktion von Energiepflanzen in den Fokus von vielen Forschungsarbeiten gerückt.

Die Anbauverfahren einiger Energiepflanzen, die auch zur Nahrungsmittelproduktion genutzt werden können, sind bereits etabliert und können ohne einen zusätzlichen Mehraufwand für die Landwirte in bestehende Fruchtfolgen integriert werden. Hierbei handelt es sich um Futtergräser, Getreide- und Ölpflanzen sowie um stärke- und zuckerliefernde Pflanzen, wie Zuckerrübe und Mais. Außerdem ist der Anbau von Chinaschilf und von schnellwachsenden Baumarten, insbesondere der Pappel und der Weide, in Kurzumtriebsplantagen zur Biomasseproduktion von Interesse. Da die Technologien aus der konventionellen Forst- und Landwirtschaft nicht generell übertragen werden können, sind Modifizierungen bei landwirtschaftlichen Maschinen erforderlich.

Für eine effektive Biomasseproduktion auf landwirtschaftlichen Flächen gewinnt die Mehrkulturennutzung an Bedeutung. Hierbei handelt es sich um ein Nutzungskonzept, bei dem zwei Kulturen pro Jahr auf derselben Fläche angebaut und geerntet werden. Als Erstfrucht wird eine winterharte Kultur ausgewählt, wie z.B. Wintergetreide, Raps und Winterleguminosen. Nach der Ernte der Erstkultur im Mai/Juni erfolgt die Aussaat von z.B. Sonnenblumen und Mais. Der Vorteil des Zweikulturensystems ist, dass der Aufwand an Dünge- und Pflanzen-

schutzmitteln relativ gering gehalten werden kann und der Boden aufgrund der nahezu ganz-jährigen Bodenbedeckung vor Erosion geschützt wird [SCHEFFER 1998].

Des Weiteren wird die gezielte Produktion von Energiepflanzen auf Sonderstandorten in mehreren Studien untersucht. UNSELD (1999) beschäftigt sich mit der Kurzumtriebsbewirtschaftung auf landwirtschaftlichen Grenzertragstandorten und kommt zu dem Ergebnis, dass die Biomasseproduktion von Erlen und Robinien im Vergleich zu Pappeln und Weiden auf bestimmten Versuchsstandorten durchaus höher sein können.

Der Anbau von schnellwachsenden Baumarten auf Kippsubstraten wurde von BUNGART (1999) in einer Studie näher untersucht. Die Etablierung von Kurzumtriebplantagen als neue Landnutzungssysteme in der Bergbaufolgelandschaft wird in der Studie positiv beurteilt. Die Biomassepotenziale werden im Bereich von 5,3 bis 19,6 t/ha angegeben.

Die Biomasseproduktion von schnellwachsenden Baumarten unter den besonderen Bedingungen eines Deponiestandortes ist Thema des Instituts für Wasser und Umwelt der Cranfield Universität in Großbritannien. Unter anderem sollen Feldversuche zur Eignung von schnellwachsenden Baumarten auf Deponieoberflächen durchgeführt werden [IWE 2003].

In einer Untersuchung der niederösterreichischen Umweltschutzanstalt mit der Universität für Bodenkultur Wien zum Wasserhaushalt und zur Methanoxidation an einer alternativen Deponieabdeckung wurden neben Komposten aus Abfällen u.a. Miscanthus eingesetzt. Miscanthus wurde in erster Linie angepflanzt, um zu verhindern, dass Sickerwasser in den Deponiekörper gelangt. Ein vorteilhafter Nebeneffekt war die Produktion von Biomasse, die energetisch genutzt werden konnte. Als mögliche Probleme sind bei Pflanzungen auf einer nicht oberflächenabdichteten Deponie die Verdrängung des Bodensauerstoffs durch Methan und der durch die Abbauvorgänge im Müllkörper erhöhten Temperaturen genannt worden [ENGENHART 2001].

In den genannten Studien liegt der Fokus bei der Produktion von Biomasse. Naturschutzaspekte werden nicht vordergründig betrachtet, so dass in diesen Studien auf die Problematik der Ausbreitung von invasiven Arten nicht eingegangen wird.

5.3 Technologien

Bei den auf den Deponiestandorten produzierbaren Bioenergieträgern wird es sich hauptsächlich um Holzhackschnitzel und Halmgutballen bzw. Grassilage handeln. Für die biogenen Festbrennstoffe kommen in erster Linie Vergasungs- und Verbrennungsprozesse zur Wärme- und Stromerzeugung in Betracht. Grassilage kann als Substrat in Biogasanlagen eingesetzt werden. Abbildung 4 gibt hierzu einen Überblick.

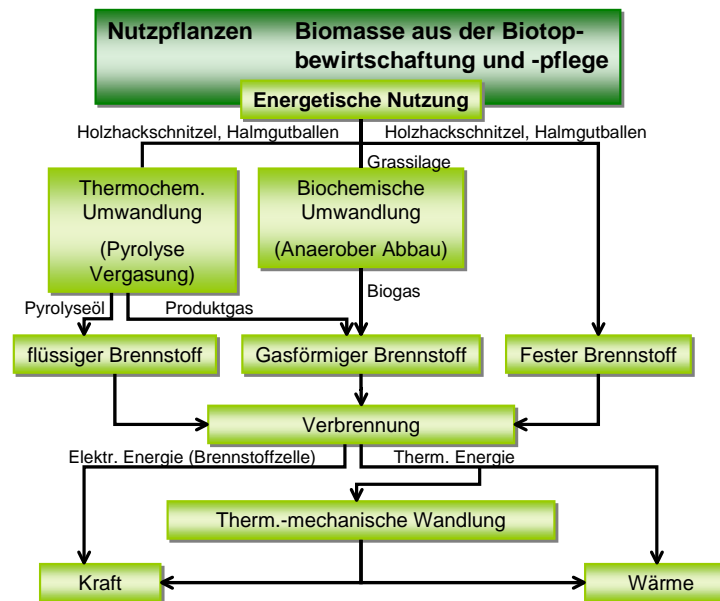


Abbildung 4: Prozesse zur energetischen Nutzung von Biomasse nach KALTSCHMITT & VOGEL (2004)

Die Technologien werden im Folgenden kurz vorgestellt. Für eine nähere Beschreibung der Technologien wird auf [KALTSCHMITT UND HARTMANN 2001] verwiesen.

5.3.1 Verbrennung

Durch die direkte Verbrennung der Biomasse in Feuerungen wird Wärme erzeugt, die als Nutzenergie, als Endenergie (z.B. Fernwärme) oder als Sekundärenergie (z.B. Dampf) genutzt werden kann. Derzeit hat die Verbrennung die größte Bedeutung bezüglich der Energieumwandlungsprozesse- und -verfahren. Die automatisch beschickten Feuerungsanlagen können nach verschiedenen Bauarten unterschieden werden. Als Beispiele seien Unterschub-, Rost-, Wirbelschicht- und Einblasfeuerung genannt. Für Hackschnitzel bestehen die besten Einsatzmöglichkeiten, da sie für fast alle verfügbaren Feuerungssysteme genutzt werden können. Für Halmgutballen kommen Zigarrenfeuerungen, d.h. Rostfeuerungen speziell für Halmgüter in Betracht. Nach einer Zerkleinerung der Halmgüter zu Häckseln ist auch ein Einsatz in der zirkulierenden Wirbelschichtfeuerung denkbar. Zudem ist sowohl für Hackschnitzel als auch für Halmgut die Zufeuerung in bestehenden Kohlekraftwerken möglich [HARTMANN UND KALTSCHMITT 2002].

5.3.2 Vergasung

Bei der Vergasung wird die Biomasse in ein Brenngas umgewandelt, welches mit einem relativ hohen Wirkungsgrad zur Strom- und Wärmeerzeugung eingesetzt werden kann. Die Vergasungssysteme lassen sich in Festbett-, Wirbelschicht- und Flugstromvergasung unterscheiden. Das Brenngas wird nach einem Reinigungs- und Aufbereitungsschritt über eine Arbeitsmaschine (Gasturbine, Gas-Otto-Motor) oder über einen Brenner energetisch genutzt. Die Vergasungskonzepte und die Nutzung des erzeugten Produktgases werden derzeit in Pilot- und Demonstrationsanlagen getestet [FNR 2000].

5.3.3 Vergärung

Grassilage kann als Kosubstrat in Biogasanlagen eingesetzt werden, in denen es im Fermenter zusammen mit dem Basissubstrat (Rinder-, Hühner- und Schweinegülle, Festmist, ...) von Bakterien zu einem Gasgemisch, dem so genannten Biogas, welches aus zwei Dritteln Methan, einem Drittel Kohlendioxid und anderen Gasen besteht, umgesetzt wird. Das gebildete Biogas kann nach einer Aufbereitung durch Kraft-Wärme-Kopplung energetisch genutzt werden. Grassilage liefert einen Biogasertrag von 170-200 m³/t Frischmasse. Der Methan-gehalt beträgt 54-55 Vol.-%. Der Heizwert von Biogas wird mit 21,6 MJ/m³ angegeben, so dass 1 t FM Grassilage 3,7-4,3 GJ entspricht [FNR 2004]. Nach IE 2003 ist die längerfristige, kontinuierliche Bereitstellung von Kosubstraten für die Wirtschaftlichkeit insbesondere kleinerer Anlagen wichtig. Hierzu kann die bereitgestellte Biomasse von Deponieflächen einen wichtigen Beitrag leisten.

5.3.4 Herstellung von Kraftstoffen

Die Produktion von Kraftstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen war bisher auf Biodiesel auf der Basis von Rapsmethylester und Ethanol beschränkt. In der letzten Zeit ist ein Designerkraftstoff in den Vordergrund des öffentlichen Interesses gerückt, der verspricht, den steigenden Bedarf von Kraftstoff aus erneuerbaren Rohstoffen decken zu können. Hierbei handelt es sich um einen Biomass-to-Liquids-(BtL)-Kraftstoff, der durch die Vergasung von Biomasse mit nachgeschalteter Fischer-Tropsch-Synthese hergestellt wird. Der Vorteil dieses Verfahrens liegt darin, dass Biomasse jeglicher Art als Input genutzt werden kann. Eine vergleichende Ökobilanz von BtL-Kraftstoff, der nach dem Choren-Verfahren produziert worden ist, mit konventionellem Dieselkraftstoff zeigt, dass der Biokraftstoff deutlich weniger treibhausrelevante Emissionen und weniger Umweltbelastungen im Bereich Sommersmogpotenzial verursachen kann [BAITZ ET AL. 2004].

Für die auf der Deponie produzierte Biomasse stellt die BtL-Kraftstoffproduktion eine günstige Option zur energetischen Nutzung dar, da die Art der Biomasse nicht eingeschränkt ist. Allerdings existiert zurzeit nur eine Pilotanlage bzw. ist eine 43 MW-Anlage im Bau, so dass in der näheren Zukunft nicht mit einer dezentralen Verfügbarkeit von Produktionsanlagen zu rechnen ist.

6 Anbaubedingungen auf der Deponie

Die Anbaubedingungen auf Deponien sind durch die besonderen Ausgestaltungen, rechtliche und technischen Anforderungen der Standorte gekennzeichnet (s.a. Kapitel 2 und 3) Die sich daraus ergebenden Vorgaben haben einen großen Einfluss auf die zu beachtenden Rahmenbedingungen bei der Bewirtschaftung der Deponien.

Darüber hinaus beeinflussen die Deponieform und die Lage des Standortes im regionalen Kontext sowie notwendige Pflege- und Nachsorgeaufwendungen die Nutzung.

Deponiespezifische Einflüsse resultieren aus

- dem Schadstoff- und Gefährdungspotenzial der eingelagerten Abfälle,

- dem Maß der Setzungen (auch unter Berücksichtigung einer Setzungserhöhung durch Aufbringen einer Auflast),
- der Notwendigkeit des Erhaltes der Oberflächenabdichtung,
- der Ausgestaltung der Rekultivierungsschicht,
- der Deponieform und
- den Nachsorgeanforderungen.

Zum Erhalt des Oberflächenabdichtungssystems und im Sinne von standsicheren Anlagen sind große und flächige Auflasten zu vermeiden. Insofern ist auch die Errichtung von Abfallbehandlungsanlagen und Gewerbebetrieben kritisch zu sehen, wenn es sich um das Aufstellen von schweren Geräten oder großen Maschinenanlagen auf der Ablagerungsfläche handelt.

Wesentlichen Einfluss auf Anbaubedingungen auf der Deponie hat die Ausgestaltung der Rekultivierungsschicht. Hierbei sind Zielsetzungen der Nachnutzung, vorhandene Substratmengen und finanzielle Ressourcen die beeinflussenden Faktoren.

Bei der Planung einer Nachnutzung ist ein Abwägungsprozess zwischen gewünschter Nutzung und technischen Anforderungen nötig. Die Folgenutzung kann nicht so frei geplant werden, wie dies auf einer beliebigen Freifläche möglich wäre. Allerdings dürfen die Anforderungen an die Nachsorge, zu der auch die Rekultivierungsschicht gehört, nicht zugunsten einer Folgenutzung in den Hintergrund treten.

Bei den verschiedenen Deponieformen besteht der wesentliche Unterschied in Bezug auf Folgenutzungen in der zur Verfügung stehenden Fläche und in der Möglichkeit der Gestaltung.

Die **Grubendeponie** verfügt über eine Oberkante, die etwa auf Geländeniveau liegt, allerdings aus Gründen der Entwässerung über ein 5 %-iges Gefälle als Dachprofil verfügen sollte. Die **Haldendeponie** ist eine Art Berg mit unterschiedlichen Böschungswinkeln ohne größere gerade Flächen. Um bei einer Haldendeponie die Standfestigkeit zu gewährleisten, müssen die Böschungen ausreichend abgeflacht ($< 1:3$) und der Wasserstand im Deponiekörper möglichst niedrig sein ($< 1-2$ m über Sohle Deponie). Die Form der **Hangdeponie** beeinflusst den Anbau an dem Standort in ähnlicher Weise wie die Haldendeponie. Es ist jedoch denkbar, dass eine günstige Ausrichtung der Hangfläche die Erträge positiv beeinflusst. Grundsätzlich ist eine Beurteilung des Deponiekörpers differenziert nach verschiedenen „Deponiezonen“ (z.B. Hang, Fuß, „Kuppe“) durchzuführen (s.

Abbildung 5).

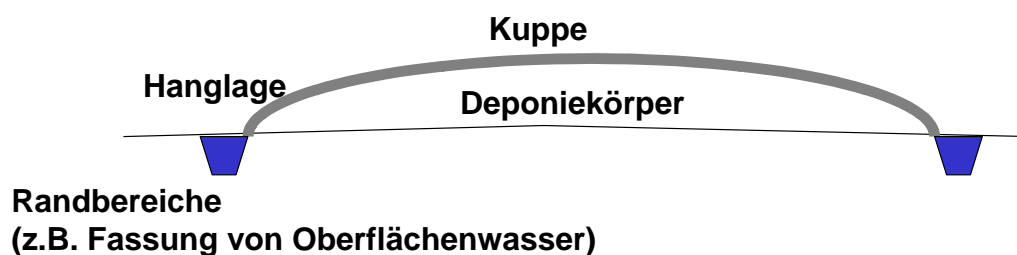


Abbildung 5: Deponiezonen**Technische Einrichtungen auf dem Deponiekörper**

Um Beeinträchtigungen des Wohls der Allgemeinheit auszuschließen ist eine Berücksichtigung der Deponienachsorgeanforderungen und eine langfristige Nachsorge durchzuführen [GUDAT 2003].

Die Hauptgefahr, die von einer Deponie ausgeht, betrifft das Deponiegas; hier kann es zur Bildung von explosionsfähigen Gemischen oder von toxischen oder kanzerogenen Inhaltsstoffen kommen. Um dies zu verhindern ist das Gas zu fassen und zu behandeln. Neben den nicht sichtbaren Gasfassungselementen innerhalb des Deponiekörpers bedeutet dies außerhalb die Anordnung von Gasbrunnen, Speicherelementen und Gasfackeln oder anderen Gasbehandlungsanlagen.

Der zweite Risikofaktor ist das Sickerwasser, es kann ebenfalls gesundheitsschädigende Stoffe beinhalten oder Geruchsemissionen verursachen. Es darf nicht unbehandelt in das Grundwasser oder den Vorfluter gelangen und kann zu Standfestigkeitsproblemen im Deponiekörper führen. Das Sickerwasser ist zu sammeln, zu behandeln und abzuleiten.

Dies bedeutet konkret das Vorhandensein von Sickerwasserschächten, Pumpwerken, Sickerwasserspeicheranlagen und eventuell einer Behandlungsanlage (z.B. eine kleine Kläranlage).

Es ist also zu prüfen, ob die geplante Nachnutzung in die Nachsorgeanforderungen integrierbar ist.

Hierbei ist grundsätzlich anzumerken, dass die Anzahl der Sicherheitsbarrieren mit der Wertigkeit der Nutzung ansteigt.

Es gibt sogar die Forderung, eine Nachnutzung erst nach Abklingen der Gasbildung aufgrund von Substrateliminierung zuzulassen und zusätzlich den Deponiekörper mittels einer Niederdruck-in-situ-Belüftung von einem anaeroben in ein aerobes Milieu zu überführen, womit eine signifikante Reduktion des Emissionspotentials der Deponie verbunden wäre.

Dies würde die Sicherheit erhöhen, aber zu erheblichen Kosten und zu einem späteren Beginn einer möglichen Nachnutzung führen, da man für die Dauer der Gasproduktion (ohne Belüftung) von Zeiträumen zwischen 10 und 15 Jahren ausgeht.

Auch ohne Belüftung und Abwarten auf eine nachlassende Gasproduktion wurden bereits Nachnutzungen erfolgreich und sicher durchgeführt. Allerdings werden von Fachleuten umfangreiche, über die gesetzlichen Nachsorgeanforderungen hinaus gehende Forderungen erhoben.

Grundsätzlich darf eine Nachnutzung die Nachsorge nicht behindern oder einschränken. Die Forderungen stellen sich im Einzelnen wie folgt dar:

Allgemeine weitergehende Anforderungen:

- Erhalt, Wartung, Unterhalt und ständige Zugänglichkeit zu allen Überwachungseinrichtungen,

- Verbot bestimmter Nutzungen, Einzäunungen der Anlagen, Anbringen von Hinweistafeln,
- zusätzliche Anzeigepflicht der Nutzer bei Standortveränderungen,
- Informationsweitergabe an Mieter und Folgenutzer der Deponie,
- die Überwachungsfrequenz über das normale Maß hinaus erhöhen.

Anforderungen an die Konstruktion von Gebäuden:

- leichte, bauliche Konstruktionen mit Flachgründungen,
- Unterlüftung der Gebäude vorsehen (z.B. durch Sand-Kiesschichten, die aktiv oder passiv entgast werden),
- Gebäudesohlen nach unten mittels Kunststoffdichtungsbahn abdichten,
- Gasüberwachungseinrichtungen in kritischen Bereichen installieren (z.B. Keller), die automatisch Alarm geben, wenn bestimmte Grenzwerte überschritten werden,
- kein Durchstoßen der Dichtung durch Pfahlgründungen u.ä.,
- Auflasten in ausreichender Entfernung zu Rohrleitungen und Gasbrunnen anordnen.

Anforderungen an die Oberfläche:

- regelmäßige Begehungen der Oberfläche mittels FID (Flammenionisationsdetektor) durchführen, um etwaige Gasaustritte auf der Oberfläche feststellen zu können,
- Aufbringen einer Rekultivierungsschicht (abgestimmt auf die Nutzung) mit einer Mächtigkeit von mindestens 1,5 m.

Das Kriterium der Lage

Das Lagekriterium ist wichtig für die Entwicklung von bedarfsorientierten und sachgerechten Nachnutzungen. Unter der Lage sind die Bedingungen der Umgebung zu verstehen. So ist interessant, ob der nachzunutzende Deponiestandort

- in unmittelbarer Nähe eines Ballungszentrums liegt,
- der Standort in einer eher ländlich/dörflichen Struktur angesiedelt ist,
- eine Anbindung an das örtliche und/oder das überörtliche Verkehrsnetz vorhanden ist,
- Gewerbegebiete, Einkaufszentren oder Freizeitanlagen in der Nähe sind,
- industrielle Wärmeabnehmer zur Verfügung stehen,
- Anlagen oder Infrastruktur zur energetischen Nutzung von Biomasse vorhanden sind (auf dem Deponiestandort oder im Umland),
- sensible Nutzungen wie Wohnbebauung, Kindergärten oder Schulen im Einzugsgebiet des Standortes liegen,

- der Deponiestandort in einem Schutzgebiet, wie Wasserschutzgebiet, Landschaftsschutzgebiet oder vielleicht sogar Naturschutz- bzw. Natura-2000-Gebiet (FFH-Gebiet, Besonderes Schutzgebiet) liegt,
- ob bereits Synergieeffekte zwischen Industrie, Landwirtschaft, Forstwirtschaft, und Deponiebetrieb bestehen (Personal etc.).

Jede Nachnutzung stellt gewisse Bedingungen an den Standort, die zuvor bereits aufgezählt wurden. Diese Bedingungen können in notwendige und vorteilhafte Standortfaktoren unterteilt werden. Notwendige Bedingungen sind solche, die an einem Standort mindestens gegeben sein sollten. Vorteilhafte Faktoren müssen nicht vorhanden sein, sie verstärken aber die bedarfsorientierte, wirtschaftliche und sachgerechte Auswahl der Nachnutzung. Zu beachten ist, dass notwendige Faktoren teilweise auch im Nachhinein installiert werden können, was sich aber nachteilig auf die Wirtschaftlichkeit des Standortes auswirken würde.

Darüber hinaus können sich aus der Lage des Standortes für die Nachnutzung auch Ausschlusskriterien ergeben.

Prinzipiell ist aufgrund der Lage jede Nachnutzung denkbar. Das häufigste Ausschlusskriterium ist die Lage innerhalb eines Schutzgebietes, was jedoch bei Altstandorten und auch dann nur sehr beschränkt vorkommen wird. In diesen Fällen ist eine Ausweitung des Schutzgebietes auf den Deponiestandort angestrebt und eine Eingliederung in die Landschaft vorgesehen.

Ein weiterer Grund für die Auswahl der Nachnutzung bezüglich der Lage ist die Bedarfsorientierung in der Region. Stellt sich ein regionaler Bedarf dar, wie z.B. der Bedarf an Behandlungskapazitäten für Biomasse oder Lagerkapazitäten, kann entsprechend der vorhandene Bedarf in den Entwurf einer Nachnutzung einfließen [GUDAT, 2003].

7 Auswahl der Energiepflanzen

Unter Energiepflanzen werden hier im engeren Sinne Pflanzen verstanden, deren Nutzung den Verbrauch insbesondere fossiler Energieträger ersetzen bzw. ergänzen soll. Grundsätzlich kann jede Pflanze zur Energiegewinnung genutzt werden. Ziel des Anbaus ist hierbei jedoch die Erzeugung möglichst hoher Biomasseerträge bzw. energetisch besonders ertragreicher oder technisch optimal nutzbarer Pflanzen (vgl. hierzu Kapitel 5.2). Aus technischer Sicht ist deshalb zu klären:

- welche hochproduktiven Pflanzenarten (-bestände) angebaut werden sollen,
- welche Anbau- und Erntemethoden den höchsten Ertrag versprechen.

Beide Aspekte müssen auf ihre Verträglichkeit mit Naturschutzzielen und -grundsätzen untersucht werden, teilweise bedingen sie sich gegenseitig. Im Folgenden werden die aus naturschutzfachlicher Sicht an die auszuwählenden Pflanzen zu stellenden Anforderungen dargestellt und anhand gesetzlicher Vorgaben und sonstiger naturschutzfachlicher Parameter erläutert.

7.1 Ausschlusskriterien

7.1.1 Deponietechnische Ausschlusskriterien

Der Anbau von Energiepflanzen auf Deponien ist weitestgehend durch die deponietechnischen Vorgaben reglementiert, die in den verschiedenen Nutzungsphasen variieren können (vgl. Kapitel 3.4).

Während der **Betriebsphase** wäre potenziell in einem sehr beschränkten Maße der Anbau von Energiepflanzen möglich, wird aber aufgrund der konkurrierenden Nutzung (Deponieeinlagerung) an dieser Stelle nicht weiter betrachtet, so dass der Focus auf die Stilllegungs- und die Nachsorgephase gelegt wird.

Dabei ist die Art der Deponieabdeckung, die während der Stilllegungsphase die Nachsorge einleitet, das entscheidende Ausschlusskriterium. Welche Ausgestaltungsmöglichkeiten bei der Oberflächenabdeckung während der Stilllegungsphase und bei der Oberflächenabdichtung während der Nachnutzungsphase in der Praxis genehmigungsfähig sind, wurde und wird sehr individuell von den jeweils zuständigen Genehmigungs- und Aufsichtsbehörden entschieden.

Hierbei sind jedoch neben den Zielsetzungen der Genehmigungs- und Aufsichtsbehörden die Rahmenbedingungen und die individuellen Eigenschaften der Deponien sowie vor allem die Forderungen der DepV (Deponieverordnung), der TA (Technische Anleitung) Abfall, der TAsi (Technische Anleitung Siedlungsabfall), der EU-Deponierichtlinie und die Auslegung der allgemein gehaltenen Vorgaben der AbfAbIV (Abfallablagerungsverordnung) zu berücksichtigen. Diese Vorgaben sind Grundlage der nachfolgenden Bewertung.

Stilllegungsphase

Während der Stilllegungsphase werden nach derzeitiger Praxis häufig noch keine Kunststoffdichtungsbahnen oder andere Dichtungssysteme aufgebracht, so dass unter diesen Bedingungen alle Pflanzen oder -bestände, die eine geschlossene Vegetationsdecke (Dauervegetation) bilden und damit Wasser- und Winderosion (Deflation) verhindern, angebaut werden können. Auszuschließen sind demnach nur Ackerbaukulturen, da nach der Ernte und bei der Saatbeetbestellung (Umbruch) die Gefahr von Erosion besteht. Ist jedoch vorgesehen Pflanzengesellschaften gezielt zu etablieren, ist zumindest in einem ersten Arbeitsgang eine Saatbettbereitung notwendig.

Nachsorgephase

Insbesondere für die Nachsorgephase sind die deponietechnischen Vorgaben, die die Rahmenbedingungen für den Anbau von Energiepflanzen bilden, klar definiert (vgl. Kapitel 9)

- Schutz der Dichtungsschicht (wenn vorhanden) vor Durchwurzelung
- Vermeidung von Erosion durch Wasser und Wind
- Abführung von Oberflächenwasser aus dem Bereich des Deponiekörpers

- Abdeckung der Dichtungsschichten mit bindigen Böden
- Vermeidung von Sickerwasserbildung
- Integration in die Landschaft

Ausschlusskriterien für den Anbau von Energiepflanzen auf Deponien, die aus den deponietechnischen Vorgaben abgeleitet werden können, sind (vgl. auch Tabelle 11):

- Aus Erosionsschutzgründen ist eine ganzjährig geschlossene Vegetationsdecke (Dauervegetation) angezeigt, die gleichzeitig eine ackerbauliche Nutzung der Deponien bis zur Folgenutzungsphase ausschließt.
- Der vorgeschriebene Schutz der Oberflächenabdichtungen (z.B. Kunststoff-Dichtungsbahnen) vor mechanischen Beschädigungen schließt den Anbau von Gehölzkulturen mit ihren tiefreichenden Wurzeln in der Nachsorgephase aus.
- Die ebenfalls vorgeschriebene Rekultivierungsschicht aus bindigen Böden, also Substraten mit einem hohen Anteil der Fraktionen Schluff und Ton, führt meist zu eutrophen Standortbedingungen, die zwar für den erreichbaren Biomassertrag von Energiepflanzen positiv zu bewerten sind, jedoch viele aus Naturschutzsicht förderwürdige Magerstandorte grundsätzlich ausschließt.
- Auch die Vorgabe zur Ableitung und Minimierung von Oberflächenwasser im Bereich des Deponiekörpers führt zu einer Einschränkung der Standortvielfalt, da ausschließlich mäßig trockene bis mäßig feuchte Standorte gefördert werden.
- Das Gebot Sickerwasser zu vermeiden oder dessen Bildung möglichst weitgehend einzuschränken wird nur durch Dauervegetation nachhaltig erfüllt und schließt den Anbau von Ackerbaukulturen aus.
- Der Forderung zur Integration der Deponie in die Landschaft kann vorrangig durch die Entwicklung landschaftstypischer heimischer Vegetationsstrukturen nachgekommen werden. Andere Nutzungsformen sind weitgehend auszuschließen.

Randbereiche des Deponiekörpers

Nur außerhalb des eigentlichen Deponiekörpers kann z.B. in Bereichen der Rand- und Emissionsschutzstreifen zur offenen Landschaft, der Wasserfassungs-, Wasserklärungs-, oder Wasserversickerungssysteme im begrenzten Maße auch andere Vegetation wie Landröhrichte, Bestände der feuchten und nassen Staudenfluren, Sümpfe und verwandte Bestände oder Gehölze wachsen und energetisch genutzt werden. Diese Einschätzung gilt sowohl für die Stilllegungs- wie auch für die Nachsorgephase.

Tabelle 11: Deponietechnische Vorgaben der Nachsorgephase und die ableitbaren Folgerungen und Ausschlusskriterien beim Anbau von Energiepflanzen

Deponietechnische Vorgaben	Folgerung/Ausschlusskriterien	
Erosionsschutz im Bereich des Deponiekörpers	Dauervegetation, ganzjährig geschlossene Vegetationsdecke	Keine ackerbauliche Nutzung möglich
Schutz der Oberflächenabdichtung wie Kunststoffdichtungsbahnen vor mechanischen Beschädigungen (primär in der Nachsorgephase)	Durchwurzelung ≤ 1 m, keine extremen Auflasten, keine grabende oder tief pflügende Bewirtschaftung	Keine Gehölzkulturen sobald Oberflächenabdichtungssysteme aufgebracht wurden
Rekultivierungsschicht aus bindigen Böden	Es können ausschließlich Böden mit einem hohen Anteil der Fraktionen Schluff und Ton zur Andeckung genutzt werden.	Kein Entgegenwirken der überregionalen Standortnivellierung, grundsätzlich keine aus Naturschutzsicht förderwürdigen Magerstandorte
Ableitung und Minimierung von Oberflächenwasser im Bereich des Deponiekörpers	Keine kontinuierlich oder mittelfristig vernässten Standorte im Bereich des Deponiekörpers	Ausschließlich Vegetation mittlerer, mäßig trockener bis mäßig feuchter Standorte etablierbar. Nur außerhalb des Deponiekörpers in den Randbereiche (z.B. Wasserfassungssysteme) kann andere Vegetation angebaut werden
Vermeidung der Sickerwasserbildung	Wasserundurchlässige Sperrschichten, Maximierung der Evapotranspiration	Ausschluss von Ackerbaukulturen, Ziel nur durch Dauervegetation zu erreichen
Integration in das Landschaftsbild	Berücksichtigung von landschaftstypische Elementen bei der Renaturierung	Andere Nutzungsformen als die Förderung von heimischer Vegetation und Struktur sind ausgeschlossen

Folgenutzungsphase

Werden die Deponien aus der Nachsorge in die Folgenutzungsphase entlassen (nach derzeitiger Kenntnis ≥ 30 Jahre), bestehen nach heutigen Auflagen keine weiteren Nutzungseinschränkungen mehr. Der Anbau aller Pflanzen ist theoretisch möglich, da die Deponien erst aus der Nachsorge in die Folgenutzung entlassen werden, wenn keine Nebenwirkungen mehr zu erwarten sind. Dabei muß keine Rücksicht mehr auf die diversen Abdeckungen oder Sperrschichten (Folien etc.) genommen werden. Diese können in der Folgenutzungsphase laut derzeitiger Definition entfernt, zerstört oder durchwurzelt werden (siehe auch weiter oben).

Resümee Machbarkeit:

Aufgrund der deponietechnischen Vorgaben ist Ackerbau zur Produktion von Energiepflanzen in der Stilllegungs- und Nachsorgephase (ca. 30 Jahre oder mehr) auszuschließen. Waldbau bzw. forstliche Nutzung kann nur in der Stilllegungsphase erfolgen solange noch keine Dichtungssysteme aufgebracht worden sind.

Auf dem eigentlichen Deponiekörper kann nur Dauervegetation aus Arten der Gras- und Staudenfluren meist mittlerer Standorte angebaut bzw. angepflanzt und genutzt werden.

In den Deponierandbereichen können auch Landröhrichte, Bestände der feuchten und nassen Staudenfluren, Sümpfe und verwandte Vegetation oder Gehölze genutzt werden.

In der Folgenutzungsphase ist der Anbau aller Pflanzen möglich, da die Deponien erst aus der Nachsorge in die Folgenutzung entlassen werden, wenn keine Nebenwirkungen mehr zu erwarten sind.

7.1.2 Naturschutzfachliche Ausschusskriterien

In der allgemeinen Literatur über nachwachsende Rohstoffe und Energiepflanzen werden in erster Linie hochproduktive Pflanzen genannt, die meist unter intensiven ackerbaulichen Bedingungen kultiviert und geerntet werden. Häufig werden Monokulturen nicht einheimischer Arten (Neophyten wie Mais, Sonnenblumen oder Chinaschilf) oder schnell wachsender Hybriden (z.B. Pappeln) präferiert. Hauptziel beim Anbau von Energiepflanzen im „klassischen“ Sinne ist demnach eine maximale Ausbeute an Biomasse unter ackerbaulichen Produktionsbedingungen.

Teilweise sind im Gegensatz dazu bei der Auswahl und Kultur von „naturverträglichen“ Energiepflanzen jedoch folgende Hauptziele des Naturschutzes zu berücksichtigen:

- Erhaltung und Entwicklung der biologischen Vielfalt, insbesondere Schutz der wild lebenden Tiere und Pflanzen und ihrer Lebensräume (vgl. BNatSchG § 2, Abs. 1, Satz 8 und 9),
- Vermeidung der Verfälschung der heimischen Tier- und Pflanzenwelt (so besteht ein Genehmigungsvorbehalt für die Ausbringung gebietsfremder Arten nach § 41 Abs. 2 BNatSchG und umsetzenden Ländergesetzen für Ausbringungen/Nutzungen, die nicht im Rahmen der land- und forstwirtschaftlichen Nutzung, Jagd, Fischerei oder des biologischen Pflanzenschutzes erfolgen)
- Schutz und Verbesserung des Klimas, insbesondere durch Erhalt, Entwicklung und Wiederherstellung von Wald und sonstigen Gebieten mit günstiger klimatischer Wirkung (vgl. BNatSchG § 2, Abs. 1, Satz 6),
- Erhaltung der Böden, Entwicklung einer standortgerechten Vegetationsentwicklung, Vermeidung von Bodenerosionen (vgl. BNatSchG § 2, Abs. 1, Satz 3),
- Ausgleich oder Minderung unvermeidbarer Beeinträchtigungen von Natur und Landschaft in Folge von Aufschüttungen und Abgrabungen durch Förderung natürlicher Sukzession, Renaturierung, naturnahe Gestaltung, Wiedernutzbarmachung oder Rekultivierung (vgl. BNatSchG § 2, Abs. 1, Satz 7),
- Erhalt bzw. Entwicklung von ökologisch bedeutsamen Kleinstrukturen (vgl. BNatSchG § 2, Abs. 1, Satz 10),

- Sicherung der Landschaft auch als Erlebnis- und Erholungsraum des Menschen, Erhaltung und Entwicklung ihrer charakteristischen Strukturen und Elemente (vgl. BNatSchG § 2, Abs. 1, Satz 13).

Wie bereits erwähnt, könnten nicht nur ackerbaulich genutzte Kulturpflanzen sondern theoretisch alle Pflanzen oder Pflanzenbestände der heimischen Flora energetisch genutzt werden.

Werden jedoch Kulturpflanzen und die Arten der heimischen Vegetation unter Berücksichtigung der beiden Ziele naturverträglicher Anbau und möglichst hohe Produktivität geprüft, ergeben sich für die Produktion nachwachsender Rohstoffe zwei Hauptgruppen:

1. einheimische Arten der standortgerechten Vegetation (Gehölze, Staudenfluren, Röhrichte, Grünland)
2. traditionelle Ackerkulturpflanzen und –bestände z.B. zum Schutz seltener Begleitflora, die aus Naturschutzsicht gefördert werden soll)

Die traditionellen Ackerbaukulturen sind aufgrund der deponietechnischen Vorgaben grundsätzlich auszuschließen.

Ebenfalls auszuschließen sind unter naturschutzfachlicher Betrachtung der Anbau gentechnisch veränderter Arten und nicht heimischer Wild- und Kulturpflanzen (gebietsfremde Arten oder Neophyten), da sie den oben angeführten Kriterien des Naturschutzgesetzes entgegenstehen.

Ausschluss gentechnisch veränderter Arten

Gentechnisch veränderte Organismen - im hier zu besprechenden Fall gentechnisch veränderte Energiepflanzen - widersprechen generell den Zielen des Naturschutzes (zur Begriffsbestimmung „gentechnisch veränderter Organismus“ siehe Art. 2 der Richtlinie 90/220/EWG des Rates vom 23. April 1990 über die absichtliche Freisetzung genetisch veränderter Organismen in die Umwelt).

Die gezielte gentechnische Veränderung von Arten greift in die natürliche Artenvielfalt ein, indem sie natürliche Barrieren der Verbreitung von Erbmaterial durchbricht. Das Risiko der unkontrollierten Freisetzung bzw. Übertragung von Erbmaterial auf andere Organismen ist bisher wissenschaftlich nicht gänzlich auszuschließen [HAEUPLER et al. 2004].

Die Folgen solcher Freisetzungen auf die bewirtschafteten und angrenzenden Ökosysteme sind nicht voraussehbar; denkbar wäre jedoch u.a. die unbeabsichtigte Übertragung von Genmaterial auf andere Organismen der angrenzenden Ökosysteme. Durch Veränderungen der Wuchskraft oder der Resistenzen gegen Krankheitserreger kann es zu Verschiebungen im Konkurrenzgefüge der Ökosysteme kommen, wodurch diese nachhaltig geschädigt oder vernichtet werden können. Dies steht im Gegensatz zu den allgemeinen Zielen des Naturschutzes nach § 1 BNatSchG 2002 und den Grundsätzen nach § 2 BNatSchG 2002, Abs.1, hier insbesondere Sätze 1 und 2, aber auch 8 und 9. Sinngemäß dürften hierbei auch § 41 BNatSchG 2002 (Allgemeiner Schutz wild lebender Tiere und Pflanzen) und Abs. 2 über die Einbringung gebietsfremder Arten anzuwenden sein.

Ausschluss gebietsfremder Arten (Neophyten)

Zur Definition gebietsfremder Pflanzen (Neophyten, Neubürger, Einwanderer, Neoindegenophyten, Neobiota, etc....) und zu ihre Abgrenzung gegenüber der einheimischen Flora liegt eine umfangreiche Literatur vor, die u.a. von LOHMEYER & SUKOPP (1992) und KOWARIK (2003) für Mitteleuropa zusammenfassend diskutiert und bewertet wurde. Auch die Frage, in welchem Ausmaß gebietsfremde Arten die einheimischen gefährden können, wurde in zahlreichen Fachbeiträgen und Tagungen konträr erörtert [BRANDES 2000 a, 2000 b, BÖCKLER, et al. 1995 b, REICHHOF 1996, KOWARIK 1995, 2003 u.a.]. Als gebietsfremde Arten werden an dieser Stelle alle heimischen Arten und Archäophyten angesehen, die vor 1492 nach Deutschland gelangt sind.

Auch wenn die meisten Neophyten naturschutzfachlich als unbedenklich eingestuft werden können und nur ca. 50 Arten = 10% der Neophyten) als invasive Sippen und damit naturschutzschädlich gelten (BFN, Neoflora, invasive gebietsfremde Arten in Deutschland; www.neophyten.de), kommen für den Anbau von Energiepflanzen aus naturschutzfachlicher Sicht nur standortgerechte heimische Pflanzenarten in Frage. Dies hat vor allem die folgenden Gründe:

- Die angebauten Pflanzen sollen weitere ökologische Funktionen im Naturhaushalt übernehmen, z.B. auch als Nahrungsgrundlage für einheimische Tierarten dienen. Gebietsfremde Pflanzenarten können diese Funktionen jedoch nur sehr eingeschränkt übernehmen. Unter anderem fehlt weitgehend eine an sie angepasste Insektenfauna, die damit auch nicht als Nahrungsgrundlage für einheimische Insektenfresser (Vögel, Säugetiere...) zur Verfügung steht [u.a. BÖHMER et al. 2001, BÖCKER et al 1995]. Kommt es jedoch über das gebietsfremde Pflanzgut zur Einschleppung gebietsfremder Insektenarten, so droht eine Verfälschung bzw. Gefährdung der einheimischen Fauna mit möglicherweise immensen ökonomischen und ökologischen Schäden. (Beispiel: Einschleppung der amerikanischen Reb- laus nach Europa, [MAIXNER & HOLZ 2003]).
- Gebietsfremde Pflanzenarten können möglicherweise aufgrund einer höheren Konkurrenzkraft selbst zu einer Gefahr für die jeweilige umgebende Vegetation und auch für weiter entfernter Bestände werden, indem sie sich in diese unbeabsichtigt ausbreiten und einheimische Pflanzen verdrängen oder ökologische Kreisläufe verändern. Von derartigen als invasiv bezeichneten Arten können insbesondere seltene und gefährdete Pflanzenarten betroffen sein, so dass diese lokal aussterben können (BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ 2001, KOWARIK 2003, KLINGENSTEIN 2005)

Auch nach dem Bundesnaturschutzgesetz besteht die Verpflichtung, diesen Gefahren entgegenzuwirken und es besteht ein Genehmigungsvorbehalt für die Ansiedlung gebietsfremder Arten. Dort heißt es in § 41, Abs. 2 (Allgemeiner Schutz wild lebender Tiere und Pflanzen):

„Die Länder treffen [...] geeignete Maßnahmen, um die Gefahren einer Verfälschung der Tier- oder Pflanzenwelt der Mitgliedstaaten durch Ansiedlung und Ausbreitung von Tieren und Pflanzen gebietsfremder Arten abzuwehren. Sie erlassen insbesondere Vorschriften über die Genehmigung des Ansiedelns

- von Tieren und
- von Pflanzen gebietsfremder Arten

in der freien Natur. Die Genehmigung ist zu untersagen, wenn die Gefahr einer Verfälschung der Tier- oder Pflanzenwelt der Mitgliedstaaten oder eine Gefährdung des Bestandes oder der Verbreitung wild lebender Tier- oder Pflanzenarten der Mitgliedstaaten oder von Populationen solcher Arten nicht auszuschließen ist.“

Im Sinne eines naturschutzfachlich optimierten Anbaus von Energiepflanzen sind gebietsfremde Arten aus den genannten Gründen abzulehnen, auch wenn es sich bei den hier zu betrachtenden Flächen nicht um „freie Natur“ im Sinne des BNatSchG handelt dürfte und der Anbau von Pflanzen in der Land- und Forstwirtschaft im Anschluss an die zitierten Passagen des genannten Paragraphen des BNatSchG von der Erfordernis einer solchen Genehmigung grundsätzlich ausgenommen ist, wenn es sich um eine auf Erwerb ausgerichtete land- und forstwirtschaftliche Nutzung handelt.

Resümee Machbarkeit:

- **Solange die Gefährdung, die von gebietsfremden Energiepflanzen (Neophyten, die nach 1492 nach Deutschland gelangt sind) potenziell für die heimische Fauna und Flora ausgehen kann, nicht zu Genüge geklärt ist, sind diese aus naturschutzfachlicher Sicht (Vorsorgeprinzip) grundsätzlich auszuschließen.**
- **Gentechnisch veränderte Energiepflanzen sind aus naturschutzfachlicher Sicht von der Betrachtung als mögliche Energiepflanzen grundsätzlich auszuschließen.**

7.2 Nutzbare Energiepflanzen und -bestände

Die Auswahl der Energiepflanzen, die unter den genannten deponietechnischen und naturschutzfachlichen Ausschlusskriterien angebaut werden können, ist stark eingeschränkt. Nur Arten der einheimischen, standortgerechten Vegetationsdecke aus den Klassen oder Vegetationsverbänden

- des Grünlands,
- der Staudenfluren und verwandter Bestände (inkl. Sümpfe),
- der Landröhrichte sowie

- in bestimmten Deponiephasen der Gehölze (Bäume und Sträucher) können zur Energiegewinnung angepflanzt und geerntet werden.

Tabelle 12: Möglichkeiten des Anbaus von Energiepflanzen innerhalb der Deponiephasen ((X) = nur ohne Abdichtungssysteme möglich)

Energiepflanzen (Vegetationsgruppen)	Deponiephasen			
	Betrieb	Stilllegung	Nachsorge	Folgenutzung
Grünlandarten	-	X	X	X
Arten der Staudenfluren (Sümpfe)	-	X	X	X
Arten der Land-Röhrichte	-	X	X	X
Gehölzarten, schnellwachsend	-	(X)	-	X
(Arten der Ackerbaukulturen)		-	-	X

Den Pflanzen aus diesen Vegetationsgruppen ist aus naturschutzfachlicher Sicht bei der Produktion nachwachsender Rohstoffe der Vorzug zu geben, da sie der standortgerechten Vegetationsdecke am nächsten kommen und die vielfältigen ökologischen Funktionen und Beziehungen im Naturhaushalt am besten übernehmen können.

Der Entwicklung von „Wald und sonstigen Gebieten mit günstiger klimatischer Wirkung“ kommt nach dem BNatSchG eine besondere Bedeutung zu. Deshalb sind Bäume und Sträucher des Waldes hier ebenfalls zu berücksichtigen. Als „sonstige Gebiete mit günstiger klimatischer Wirkung“ können aber auch Flächen mit einer anderen dauerhaften Vegetationsdecke, wie Gebiete mit Staudenfluren, Röhrichte und Grünland verstanden werden.

7.2.1 Grünlandarten und -bestände

Süßgräser energetisch zu nutzen, wurde bereits 1985 von BAADER an der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft FAL in Braunschweig untersucht und bei der 3. EG Konferenz "Energy from Biomass" in Venedig vorgestellt. In der neueren Literatur sind zahlreiche Beiträge zu finden, die Gräser als Energiepflanzen grundsätzlich befürworten. So wurde zum Beispiel konventionelles Wiesenheu oder Landschaftspflegeheu als Biobrennstoff eingesetzt [BRÖKELAND 2003]. Die Methanausbeute aus Grassilagen [LEMMER & OECHSNER 2001, PLÖCHL et al. 2001, JÄKEL 2000] oder Futtergräser als Kosubstrat für die Biomethanisierung haben MÄHNERT, P., SCHNELLE, H. & M. HEIERMANN 2002 untersucht. Die letztgenannten Autoren haben charakteristische Wirtschaftsgräser wie

- Deutsches Weidelgras (*Lolium perenne*)
- Knäuelgras (*Dactylis glomerata*)
- Rohr-Schwingel (*Festuca arundinacea*)
- Rot-Schwingel (*Festuca rubra*)

- Wiesen-Fuchsschwanz (*Alopecurus pratensis*)
- Wiesen-Lieschgras (*Phleum pratense*)
- Wiesen-Schweidel (*Festulolium braunii*)
- Wiesen-Schwingel (*Festuca pratensis*)

als nachwachsende Rohstoffe auf Stilllegungsflächen untersucht und keine deutlichen Unterschiede in der Gasbildung und -qualität sondern nur in der Produktivität zwischen den Grasarten feststellen können. Deutsches Weidelgras, Wiesen-Schwingel und vor allem deren Kreuzung sind in allen Versuchen tendenziell etwas produktionsstärker als das Knäuelgras und das Wiesen-Lieschgras.

Die erwähnten Arten sind bis auf den Wiesen-Schweidel (keine einheimische Art im klassischen Sinne, da Neuzüchtung, BfN Neoflora, www.neophyten.de) grundsätzlich auch für den Anbau auf Deponien unter Naturschutzgesichtspunkten nutzbar und können als Repräsentanten für die meisten in Mitteleuropa heimischen Wirtschaftsgräser gelten.

Da die Biogasausbeute von Gräsern des Wirtschaftsgrünlands nach KRIEG & FISCHER (2004) in vergleichbaren Bereichen wie die von Mais, Futterrübe oder Luzerne liegt, kann der Schluss gezogen werden, dass sich Gräser generell gut zum Anbau als Energiepflanzen auf Deponien eignen.

Zur Erhöhung der Biodiversität der Produktionsflächen sollten jedoch keine reinen Grasäcker angelegt, sondern eine Mischung der Wirtschaftsgräser mit Wiesenstauden angestrebt werden.

Je nach Nutzungsintensität können

- auf Deponien im Flachland Sippen des artenreichen oder artenärmeren Grünlands mittlerer Standorte (mesophil),
- auf Deponien im Bergland Sippen der artenreichen oder artenärmeren Bergwiesen und
- in allen Bereichen Sippen des Intensivgrünlands

als Energiepflanzen etabliert und geerntet werden.

7.2.1.1 Arten des Grünlands mittlerer Standorte (mesophiles Grünland)

Grünland auf mäßig trockenen bis mäßig feuchten, mehr oder weniger nährstoffreichen, Standorten (bindiger Boden) in planaren bis submontanen Bereichen wird auch als mesophiles Grünland bezeichnet. Die Bestände setzen sich aus einer weitgehend vollständigen, biotopcharakteristischen, arten- und individuenreichen Grünlandflora mit einem relativ hohen Anteil an Unter- und Mittelgräsern sowie zahlreichen auffällig blühenden Kräutern zusammen. Neben den weithin verbreiteten Grünlandarten wie

Alopecurus pratensis, *Anthriscus sylvestris*, *Arrhenatherum elatius*, *Bromus hordeaceus*, *Cerastium holosteoides*, *Dactylis glomerata*, *Festuca pratensis*, *Heracleum sphondylium*, *Holcus lanatus*, *Leontodon autumnalis*, *Lolium perenne*, *Phleum pratense*, *Poa pratensis* agg., *Poa trivialis*, *Ranunculus repens*, *Taraxacum officinale* agg., *Trifolium repens*, *Veronica serpyllifolia* u.a.

setzen sich die Bestände nach SSYMANK et al. (1998: 266) und v. DRACHENFELS (2004: 188 ff.) auch zu erheblichen Anteilen aus Arten mit geringeren Nährstoffansprüchen bzw. größerer Empfindlichkeit gegen Überdüngung und sehr intensiver Nutzung zusammen, die heute in dem vorherrschenden Intensivgrünland nicht mehr oder nur noch mit geringen Anteilen auftreten. Diese Kennarten für mesophiles Grünland (Mähwiesen-Arrhenatherion-Arten = *) sind u.a.:

Achillea millefolium, *Ajuga reptans*, *Alchemilla* spp., *Anthoxanthum odoratum*, *Bellis perennis*, *Briza media*, *Campanula glomerata*, *Campanula patula**, *Cardamine pratensis*, *Centaurea jacea**, *Crepis biennis**, *Cynosurus cristatus*, *Daucus carota**, *Festuca rubra* agg., *Galium album**, *Geranium pratense**, *Helictotrichon pubescens*, *Knautia arvensis*, *Lathyrus pratensis*, *Leucanthemum irtutianum*, *Luzula campestris*, *Leontodon saxatilis*, *Lotus corniculatus*, *Lysimachia nummularia*, *Odontites vulgaris*, *Pimpinella major**, *Phyteuma orbicularis*, *Pimpinella major*, *Plantago lanceolata*, *Plantago media*, *Primula veris*, *Prunella vulgaris*, *Ranunculus acris*, *Ranunculus auricomus* agg., *Ranunculus bulbosus*, *Ranunculus ficaria*, *Rhinanthus alectorolophus*, *Rhinanthus angustifolius*, *Rumex acetosa*, *Rumex thyrsiflorus*, *Salvia pratensis*, *Sanguisorba officinalis*, *Saxifraga granulata*, *Selinum carvifolium*, *Senecio jacobaea*, *Tragopogon pratensis**, *Trifolium dubium**, *Trifolium pratense**, *Trisetum flavescens**, *Veronica chamaedrys*, *Vicia cracca* und *Vicia sepium** u.a.

Regional charakteristische Arten für Bestände in Stromtälern sind u.a. *Euphorbia esula*, *Rumex thyrsiflorus** und *Viola tricolor*. Für die Grünlandbestände, die zu den Bergwiesen überleiten, können *Alchemilla vulgaris* agg.*, *Geranium sylvaticum**, *Phyteuma nigrum**, *Phyteuma spicatum**, *Primula elatior* u.a. gerechnet werden.

Repräsentanten des Grünlands mittlerer Standorte

Zu den häufiger anzutreffenden Repräsentanten der Grünlandbestände mittlerer Standortverhältnisse, die für Berechnungen der Biomasse, der Energiegewinnung etc. genutzt werden können, zählen:

Alopecurus pratensis, *Anthriscus sylvestris*, *Bromus hordeaceus*, *Dactylis glomerata*, *Festuca pratensis*, *Heracleum sphondylium*, *Holcus lanatus*, *Lolium perenne*, *Phleum pratense*, *Poa pratensis* agg., *Poa trivialis*, *Ranunculus repens*, *Taraxacum officinale* agg., *Trifolium repens*, *Achillea millefolium*, *Anthoxanthum odoratum*, *Cardamine pratensis*, *Galium album**, *Lathyrus pratensis*, *Leucanthemum irtutianum*, *Leontodon saxatilis*, *Ranunculus acris*, *Rumex acetosa* u.a.

aber auch Mischbestände

7.2.1.2 Arten der Berg-Mähwiesen

Auf Deponien, die je nach Definition über 400 bis 600m ü.NN liegen, wird das mesophile Grünland von Bergwiesen abgelöst, die ebenfalls energetisch genutzt werden können. Die Bergwiesen weisen ähnlich, wie das mesophile Grünland der tieferen Lagen, extensive Bewirtschaftungsbedingungen auf. Die klimatischen wie z.T. auch die edaphischen Parameter variieren jedoch meist. Aufgrund ähnlicher Nutzung und oft vergleichbaren Standortbedin-

gungen treten häufig Übergangsformen zwischen mesophilem Grünland und den Bergwiesen auf.

Pflanzensoziologisch gehört diese Vegetationsausprägung zu den Goldhafer-Bergwiesen (Polygono-Trisetion), in denen der namensgebende *Trisetum flavescens* oft dominant sein kann. Nach SSYMANK et al. (1998: 266) und v. DRACHENFELS (2004: 188 ff.) sind folgende Arten charakteristisch für Bergwiesen:

Agrostis alpina, *Alchemilla*-Arten, *Anthoxanthum alpinum*, *Anthoxanthum odoratum*, *Astrantia major*, *Carum carvi*, *Cardaminopsis halleri*, *Centaurea nemoralis*, *Centaurea nigra*, *Centaurea pseudophrygia*, *Chaerophyllum hirsutum*, *Crepis aurea*, *Crepis mollis*, *Crepis pyrenaica*, *Euphrasia rostkoviana*, *Festuca nigrescens*, *Festuca* spp., *Geranium phaeum*, *Geranium sylvaticum*, *Hieracium caespitosum*, *Hypericum maculatum*, *Lathyrus linifolius*, *Leontodon hispidus*, *Meum athamanticum*, *Muscari botryoides*, *Narcissus radiiflorus*, *Phleum alpinum*, *Phyteuma nigrum*, *Phyteuma spicatum*, *Pimpinella major*, *Poa alpina*, *Poa chaixii*, *Primula elatior*, *Polygonum bistorta*, *Silene dioica*, *Trifolium aureum*, *Trifolium badium*, *Trisetum flavescens*, *Viola tricolor* u.a.

Repräsentanten des Grünlands mittlerer Standorte

Zu den häufiger anzutreffenden Repräsentanten der Bergwiesen, die für Berechnungen der Biomasse, der Energiegewinnung etc. genutzt werden können, zählen

Anthoxanthum odoratum, *Carum carvi*, *Centaurea pseudophrygia*, *Chaerophyllum hirsutum*, *Crepis aurea*, *Crepis mollis*, *Festuca* spp., *Geranium sylvaticum*, *Hypericum maculatum*, *Leontodon hispidus*, *Meum athamanticum*, *Phyteuma nigrum* spp., *Pimpinella major*, *Polygonum bistorta*, *Silene dioica*, *Trisetum flavescens* u.a.

aber auch Mischbestände.

7.2.1.3 Arten des Intensivgrünlandes

Ebenfalls zur Produktion von Energiepflanzen geeignet ist das artenarme Intensivgrünland, das meist eine geschlossene, dichte und monostrukturierte Pflanzendecke besitzt. Derartige Bestände werden bereits heute häufig auf Deponien (z.B. potenzieller Demonstrationsstandort Buchen), insbesondere an deren Hängen angetroffen und dienen meist dem Erosionsschutz und zur Begrünung einer temporären Abdeckung.

Die Flora ist aufgrund von Saatgutwahl und intensiver Bewirtschaftung (insbesondere Düngung und mehrschürige Mahd) stark verarmt und weist in der Regel einen hohen Anteil von stickstoffliebenden Arten auf. Nur gelegentlich sind blühende Kräuter, meist aus wenigen Arten eingestreut. Das Grünland wird meist von Gräsern wie

Alopecurus pratensis, *Arrhenatherum elatius*, *Bromus hordeaceus*, *Festuca pratensis*, *Holcus lanatus*, *Lolium perenne*, *Poa pratensis* und *Poa trivialis*

dominiert, sowie von stickstoffliebende Arten und Störungszeiger wie

Elymus repens, *Anthriscus sylvestris*, *Capsella bursa-pastoris*, *Cirsium arvense*, *Poa annua*, *Rumex obtusifolius*, *Stellaria media*, *Taraxacum officinalis* agg. und *Urtica dioica*.

Repräsentanten des Intensivgrünlands

Zu den häufiger anzutreffenden Repräsentanten des Intensivgrünlands, die für Berechnungen der Biomasse, der Energiegewinnung etc. genutzt werden können, zählen

Alopecurus pratensis, *Arrhenatherum elatius*, *Festuca pratensis*, *Holcus lanatus*, *Lolium perenne*, *Elymus repens*, *Anthriscus sylvestris*, *Cirsium arvense*, *Rumex obtusifolius*, *Taraxacum officinalis* agg. u.a.,

aber auch Mischbestände.

Resümee zur Machbarkeit von Grünland

Der „Anbau“ von Gräsern bzw. Grasbeständen auf Deponien ist unter deponietechnischen Vorgaben und unter dem Gesichtspunkt einer guten Energieausbeute machbar. Unter Naturschutzaspekten sind arten- und krautreiche, extensiv genutzte Wiesen reinen „Grasäckern“ vorzuziehen.

Grundsätzlich können alle Grünlandarten von „Grasäckern“, intensiv bis extensiv genutzten Mähwiesen oder aus Landschaftspflegemaßnahmen von Deponiestandorten zur Energiegewinnung genutzt werden.

7.2.2 Arten der Gras- und Staudenfluren (halbruderal)

Auf Bodenablagerungen, so auch auf Deponien, die nur mit Boden angedeckt und/oder sich selbst überlassen worden sind und bei denen keine Einsaat oder Bepflanzung zu Renaturierungszwecken erfolgte, ist häufig zu sehen, dass sich bereits halbruderaler Gras- und Staudenfluren je nach edaphischen Bedingungen verschiedenster Ausprägung entwickelt haben. Auf älteren Hausmüll- und dörflichen Deponien sind sie die Regel. Bestätigt werden konnte dies bei einer Bereisung zu verschiedenen Deponien der Region Braunschweig-Wolfenbüttel-Helmstedt (2004) und den potenziellen Demonstrationsstandorten (Buchen, Göttingen und Wolfsburg). Auf allen Deponien wurde die Vegetation dominiert durch Bestände der Ruderalfluren und der halbruderalen Gras- und Staudenfluren mit einem hohen Anteil an Stickstoff- und Störungszeigern (z.B. Brennessel, Land-Reitgras, Acker-Kratzdistel).

Zu dieser Vegetation gehören sehr extensiv genutzte ein- und mehrjährigen, überwiegend krautige Sukzessionsbestände mit einer Dominanz oder zumindest einem hohen Anteil von Ruderalpflanzen (Stickstoffzeiger, Arten gestörter Standorte).

Vor allem die nitrophytischen Staudenfluren auf feuchten nährstoffreichen Standorten zählen zu den produktivsten Pflanzenbeständen der einheimischen Vegetation. Sie bieten sich daher zur Erzeugung von Biomasse besonders an. Je nach den vorliegenden Standortverhältnissen und Nutzung können sie durch Arten des Grünlands, der Röhrichte, Waldsäume und Sümpfe ergänzt bzw. ersetzt werden. Die kennzeichnenden Pflanzenarten der halbruderalen Gras- und Staudenfluren sind nach ELLENBERG (1996: 862 ff.), DIERBEN (1996: 742 ff.), v. DRACHENFELS (2004: 210 ff.) u.a. (* = Neophyten)

*Amaranthus retroflexus**, *Atriplex sagittaria**, *Bromus sterilis*, *Bunias orientalis**, *Chepododium album*, *Cichorium intybus*, *Cirsium arvense*, *Convolvulus arvensis*, *Coryza canadensis**, *Linaria vulgaris*, *Saponaria officinalis*, *Silene latifolia*, ssp. *alba*, *Si-*

symbrium officinale, Sonchus oleraceus, Tanacetum vulgare, Verbascum thapsus u.a.

Diese werden auf frischen bis feuchten Standorten durch Ruderalpflanzen und Störungszeiger wie

Aegopodium podagraria, Alliaria petiolata, Arctium lappa, Arctium minus, Arctium tomentosum, Armoracia rusticana, Artemisia vulgaris, Ballota nigra, Barbarea vulgaris, Chaerophyllum temulum, Chenopodium bonus-henricus, Conium maculatum, Dipsacus fullonum, Erysimum cheiranthoides, Lamium album, Leonurus cardiaca, Malva neglecta, Melilotus altissimus, Persicaria lapathifolia, Senecio vulgaris, Solidago canadensis*, Solidago gigantea*, Tussilago farfara, Urtica dioica, Verbascum nigrum* u.a.

ergänzt. Auf trocken-warmen Standorten gesellen sich

Amaranthus albus, Anchusa officinalis, Artemisia absinthium, Artemisia campestris, Berteroa incana*, Bromus tectorum, Carduus acanthoides, Carduus nutans, Cynoglossum officinale, Daucus carota, Descurainia sophia, Diplotaxis tenuifolia, Echium vulgare, Eragrostis minor, Falcaria vulgaris, Hordeum murinum, Hyoscyamus niger, Lactuca serriola, Lepidium ruderales, Malva sylvestris, Melilotus albus, Oenothera biennis agg.*, Onopodium acanthium, Pastinaca sativa, Picris hieracioides, Reseda lutea, Reseda luteola, Salsola kali ssp. tragus, Senecio inaequidens*, Senecio viscosus*, Sisymbrium altissimum*, Sisymbrium loeselii*, Tragopogon dubius, Verbacum densiflorum, Vulpia myuros* u.a.

dazu und bilden oft artenreiche Bestände.

Halbruderale Gras- und Staudenfluren sind aufgrund ihrer Entstehung (Bodenverlagerung, Bodenstörungen, Diasporeneintrag und -ferntransport...) häufig reicher an Neophyten [BRANDES 2003] als längerfristig geschlossene Vegetationsbestände (siehe * in den Artenlisten oben). Da diese jedoch nicht gezielt angepflanzt oder ausgebracht werden, fallen sie nicht unter die oben definierten naturschutzfachlichen Ausschlusskriterien.

Repräsentanten der halbruderalen Gras- und Staudenfluren

Zu den häufiger anzutreffenden Repräsentanten des Intensivgrünlands, die für Berechnungen der Biomasse, der Energiegewinnung etc. genutzt werden können, zählen

Aegopodium podagraria, Amaranthus spp., Alliaria petiolata, Arctium spp., Armoracia rusticana, Artemisia vulgaris, Chenopodium album, Cirsium arvense, Conium maculatum, Daucus carota, Dipsacus fullonum, Lactuca serriola, Melilotus spp., Pastinaca sativa, Sisymbrium spp., Solidago canadensis*, Solidago gigantea*, Sonchus oleraceus, Tanacetum vulgare, Urtica dioica, Verbascum spp.* u.a.

Resümee zur Machbarkeit von halbruderalen Gras- und Staudenfluren:

Die energetische Nutzung von z.T. hochproduktiven halbruderalen Gras- und Staudenfluren auf Deponien ist unter deponietechnischen und naturschutzfach-

lichen Vorgaben und unter dem Gesichtspunkt einer guten Energieausbeute machbar.

Grundsätzlich können alle Arten der Staudenfluren aus extensiv genutzten Beständen oder aus Landschaftspflegemaßnahmen von Deponiestandorten zur Energiegewinnung genutzt werden.

7.2.3 Arten der Landröhrichte, Rieder, Sümpfe und feuchten bis nassen Staudenfluren

Im Bereich der Oberflächenwasserfang-, Wasserabfluss- sowie Klär- und Absetzsysteme neben den eigentlichen Deponiekörpern werden bereits heute Vegetationsbestände der terrestrischen Feucht und Nassstandorte angetroffen.

Dazu zählen

- Landröhrichte,
- Seggen-, Binsen- und Staudensümpfe,
- Uferstauden- bzw. Hochstaudenfluren

sowie Mischbestände aus diesen. Auch diese Vegetationseinheiten wurden bereits auf den potenziellen Demonstrationsstandorten Buchen, Göttingen und Wolfsburg angetroffen, wo sie sich spontan angesiedelt haben.

Da diese Bestände - vergleichbar mit den feuchten halbruderalen Gras- und Staudenfluren feuchter bis nasser Standorte - zu den produktivsten der heimischen Vegetation zählen, sind sie prädestiniert für die energetische Nutzung. Dazu könnten die Graben- und Absetzsysteme der Deponien ausgebaut und flächenhaft erweitert werden.

Die Nutzung von Röhrichten, insbesondere von Schilf, ist eine alte traditionelle Nutzungsform. Die Nutzung unter dem Gesichtspunkt der erneuerbaren Energie und der CO₂-Reduktion wurde wiederholt beschrieben. Vorreiter dieses Nutzungskonzepts ist u.a. Prof. Succow von der Universität Greifswald, der prognostiziert, dass mit den Möglichkeiten der Steuerbefreiung von Biomasse (Kraftstoff aus Erneuerbaren Energieträgern) und der „Einspeisevergütung“ gemäß dem 2004 überarbeiteten „Erneuerbare Energien Gesetz“ auch die energetische Verwertung von Schilf zunehmend interessanter wird, da mit eutrophen Schilfröhrichten eine enorme Biomasseproduktion von bis über 25t Trockenmasse pro Hektar und Jahr möglich ist (DBU Verbundprojekt 1995-1998).

Diese Aussagen sind auch auf die Seggen-, Binsen- und Staudensümpfe, Uferstauden- bzw. Hochstaudenfluren übertragbar.

7.2.3.1 Arten der Landröhrichte

Landröhrichte sind „gelegentlich“ gemähte Röhrichte, auf feuchten bis nassen, allenfalls vorübergehend überfluteten Standorten außerhalb von Stillgewässern oder Verlandungsbereichen stehender Gewässer, die zumindest zeitweise mehr oder weniger hochwüchsige Röhrichtstrukturen aufweisen.

Kennzeichnende Bestandsbildner der Landröhrichte sind nach ELLENBERG (1996: 1006 ff.) DIERßEN (1996), v. DRACHENFELS (2004) u.a.

Phragmites australis, Phalaris arundinacea, Glyceria maxima, Typha latifolia, Typha angustifolia, Schoenoplectus lacustris, Schoenoplectus tabernaemontani, Bolboschoenus maritimus,

zudem häufig eingestreut anzutreffen sind

Acorus calamus, Butomus umbellatum, Cicuta virosa, Equisetum fluviatile, Iris pseudacorus, Oenanthe aquatica, Ranunculus lingua, Rorippa amphibia, Rumex aquaticus, Rumex hydrolapathum, Sium latifolium, Sparganium emersum, Sparganium erectum u.a.

Repräsentanten der Landröhrichte

Zu den häufiger anzutreffenden Repräsentanten der Landröhrichte, die für Berechnungen der Biomasse, der Energiegewinnung etc. genutzt werden können, zählen

Phragmites australis, Phalaris arundinacea, Glyceria maxima, Typha latifolia, Iris pseudacorus, Rorippa amphibia, Rumex hydrolapathum u.a.

7.2.3.2 Arten der nährstoffreichen Seggen-, Binsen- und Stauden-Sümpfe

Auf sumpfigen mineralischen Böden des Binnenlandes werden häufig Vegetationsbestände aus Seggen, Binsen und Stauden auf nassen bis sehr nassen Standorten außerhalb von Gewässern angetroffen. Zu den kennzeichnenden Pflanzenarten dieser nährstoffreichen Seggen-, Binsen- und Stauden-Sümpfe gehören nach ELLENBERG (1996: 1006 ff.) DIERßEN (1996), v. DRACHENFELS (2004) u.a.

Angelica sylvestris, Carex acuta, C. acutiformis, C. appropinquata, C. aquatilis, C. cespitosa, C. cuprina, C. disticha, C. elata, C. panicea, C. panicolata, C. pseudocyperus, C. riparia, C. vesicaria, C. vulpina, Cirsium oleraceum, Cirsium palustre, Eleocharis palustris agg., *Epilobium hirsutum, Equisetum fluviatile, Equisetum palustre, Eupatorium cannabinum, Euphorbia palustris, Filipendula ulmaria, Galium palustre, Geranium palustre, Juncus articulatus, Juncus effusus, Juncus inflexus, Scirpus sylvaticus, Lathyrus palustris, Lycopus europaeus, Lysimachia vulgaris, Lythrum salicaria, Mentha aquatica, Myosotis palustris* agg., *Scutellaria galericulata, Senecio paludosus, Stachys palustris, Symphytum officinale, Sonchus palustris, Thalictrum flavum, Valeriana officinalis* agg. u.a.

Repräsentanten der nährstoffreichen Seggen-, Binsen- und Stauden-Sümpfe

Zu den häufiger anzutreffenden Repräsentanten dieser Vegetationseinheit, die für Berechnungen der Biomasse, der Energiegewinnung etc. genutzt werden können, zählen

Angelica sylvestris, Carex acuta, C. acutiformis, C. disticha, C. elata, C. panicea, C. panicolata, C. riparia, C. vesicaria, Cirsium oleraceum, Cirsium palustre, Epilobium

hirsutum, Eupatorium cannabinum, Filipendula ulmaria, Juncus effusus, Symphytum officinale, Valeriana officinalis agg. u.a.

7.2.3.3 Arten der Uferstaudenfluren

Entlang der Gabenufern von Deponien trifft man auf Uferstauden- bzw. Hochstaudenfluren sowie Vegetationsbeständen mit kleinflächiger Vergesellschaftung von Hochstaudenfluren, Röhrichten, Flutrasen, Zweizahn-Gesellschaften, Landreitgras- und Queckenfluren. Kennzeichnende Arten dieser Uferstaudenfluren sind nach ELLENBERG (1996), DIERßEN (1996), und V. DRACHENFELS (2004)

Angelica sylvestris, Calystegia sepium, Chaerophyllum hirsutum, Epilobium hirsutum, Eupatorium cannabinum, Filipendula ulmaria, Geranium palustre, Hypericum quadrangulum, Lysimachia vulgaris, Lythrum salicaria, Petasites albus, Petasites hybridus, Rumex aquaticus, Stachys palustris, Valeriana officinalis u.a.,

oft mit hohen Anteilen von

Urtica dioica, Elymus repens, Aegopodium podagraria und *Glechoma hederacea*.

Repräsentanten der Uferstaudenfluren

Zu den häufiger anzutreffenden Repräsentanten der Uferstaudenfluren, die für Berechnungen der Biomasse, der Energiegewinnung etc. genutzt werden können, zählen

Angelica sylvestris, Chaerophyllum hirsutum, Epilobium hirsutum, Eupatorium cannabinum, Filipendula ulmaria, Lythrum salicaria, Stachys palustris, Valeriana officinalis, Urtica dioica, Elymus repens, Aegopodium podagraria, Glechoma hederacea u.a.

Resümee zur Machbarkeit von Landröhrichten und feuchten bis nassen Staudenfluren

Die energetische Nutzung dieser durchweg hochproduktiven Vegetationseinheiten an den Randbereichen der Deponien ist unter deponietechnischen und naturschutzfachlichen Vorgaben und unter dem Gesichtspunkt einer guten Energieausbeute machbar.

Grundsätzlich können alle Arten bestehender und neu entwickelter Bestände oder aus Landschaftspflegemaßnahmen (Freischnitt von Gräben, Grabenräumungen) von Deponiestandorten zur Energiegewinnung genutzt werden.

7.2.4 Gehölzarten

Solange in der Stilllegungsphase noch kein Abdeckungssystem auf die Deponie aufgebracht worden ist, können auf dem gesamten Deponiekörper schnellwachsende Gehölze angepflanzt werden. Bäume und Sträucher binden im Holz eine große Menge Kohlenstoff aus dem CO₂ der Luft und tragen damit zum Klimaschutz bei. Sie übernehmen durch ihre Transpiration eine ausgleichende Funktion für das lokale Kleinklima und sind Nahrungs- und Nistraum für zahlreiche Tierarten.

Neben der Produktion von Energiepflanzen auf ackerbaulichen Nutzungsflächen wird der Anbau von schnellwachsenden Gehölzen bei der Diskussion um die energetische Nutzung von Biomasse vorrangig behandelt.

Seit Anfang der 90er Jahre des letzten Jahrhunderts wird vermehrt der Anbau von Energiewäldern und die energetische Nutzung von Holz diskutiert [KOLLERT 1988, DÖHRER 1994, FRIEDRICH 1995, HASCHKE 1995, HARTMANN & STREHLER 1995, u.a.]. Dazu wurden grundsätzliche Anforderungen an die Energiewaldbaumarten formuliert:

Anforderungen an Energiewaldbaumarten

Die wichtigsten Anforderungen an die Energiewaldbaumarten sind eine hohe Biomasseproduktion, die Möglichkeit der Vermehrung durch Stecklinge und ein gesichertes Ausschlagsvermögen bei einer Umtriebszeit von 3-10 Jahren. Die Bewirtschaftung von schnellwachsenden Baumarten im Kurzumtrieb ist an sich keine neue Wirtschaftsform, sondern leitet sich vom Niederwaldbetrieb ab, der eine uralte Tradition hat. Niederwälder sind in der heutigen Forstlandschaft extrem selten und bieten ein hohes naturschutzfachliches Potenzial.

Die Bäume für moderne Niederwälder unterscheiden sich in zahlreichen Eigenschaften von forstlichen Hauptbaumarten wie Fichte, Kiefer, Buche und Eiche. Sie sind gekennzeichnet nach BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR WALD UND FORSTWIRTSCHAFT (LWF 1996):

a) Rasches (Jugend-) Wachstum

- Als schnellwachsend werden Baumarten in der Hochwaldwirtschaft betrachtet, die maximale durchschnittliche Gesamtzuwächse (dGZ) von jährlich ca. 10 - 12 fm/ha zeigen. Nur Fichten auf guten Standorten erfüllen ebenfalls diese Vorgaben.
- Schnellwachsende Baumarten für Energiewaldwirtschaft weisen dagegen bis zum Alter von 30 Jahren etwa 4-5fach höhere Biomasseerträge auf als Fichte und Kiefer. Aufgrund ihres intensiven Jugendwachstums eignen sie sich daher besonders für kurze Produktionszeiträume. Energiewälder bestehen vorrangig aus Lichtbaumarten, die aufgrund ihrer Pioniereigenschaften eine Kulmination des laufenden Volumenzuwachses bereits vor dem Alter von 20 Jahren aufweisen. Die wichtigsten Arten für Kurzumtriebswälder gehören zur Gattung Pappel und Weide. In Ausnahmefällen können auch Schwarzerle oder Birke Verwendung finden. Ihre Ertragsleistung ist jedoch deutlich geringer.

b) Vegetative Reproduktionsfähigkeit des Pflanzmaterials (Stecklingsvermehrung) in Verbindung mit Anwuchssicherheit

Viele Pappeln und Weiden können nach Absteckung an jungen Sprossabschnitten Adventivwurzeln ausbilden. Dadurch können ertragsstarke Mutterpflanzen erbgleich weitervermehrt werden (Klonbildung). Stecklingsvermehrung ermöglicht somit die kostengünstige Bereitstellung und Pflanzung von hochwertigem Pflanzgut.

c) Widerstandsfähigkeit gegen Schadeinflüsse

Derzeit diskutierte Energiewälder bestehen aus zahlreichen unterschiedlichen Sorten weniger Baumarten. Ihre genetische Vielfalt ist durch den Einsatz vegetativer Vermehrungstechniken im Vergleich zu Wildpopulationen verringert. Der Resistenz ge-

genüber abiotischen und biotischen Schäden kommt eine hohe Bedeutung zu, da sich Schaderreger innerhalb einzelner Klone rasch ausbreiten und somit Wachstumseinbußen und Ausfälle bewirken können.

d) Stockausschlagvermögen nach unterschiedlich langen Ernteintervallen

Die Regeneration der Stöcke nach Beerntung ist Voraussetzung für die Einsparung von Kulturkosten. Vitale Stöcke gewährleisten hohe Wachstumsleistungen beim Wiederaustrieb.

Hinweise zur Wüchsigkeit verschiedener Baumarten in der Jugendphase, durchschnittlicher jährlicher Gesamtzuwachs (dGZ/ha) etc. von Bäumen und Baumbeständen können in der gängigen Forstliteratur nachgelesen werden und liegen von vielen forstlichen Landesämtern im Internet vor (z.B. von der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt – Waldwachstum <http://www.nfv.gwdg.de/A/biometrie.informatik.php> oder Hilfstafeln für die Forsteinrichtung des Bayerischen Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten http://www.forst.bayern.de/fuer_den_waldbesitzer).

Zu den wichtigsten Energiebaumwaldarten zählen in der Literatur Pappeln und Weiden, wobei jedoch primär fremdländische Arten wie die Balsampappeln oder Klone und Züchtungen präferiert werden, die unter Naturschutzgesichtspunkten entfallen.

Pappeln (*Populus* spp.)

Pappeln kommen mit ca. 40 Arten auf der gesamten Nordhalbkugel der Erde (Eurasien, Nordamerika, Nordafrika) in gemäßigten Klimazonen vor. Aufgrund natürlicher Hybridisierung zeigen sie einen großen Formenreichtum. Eine weite ökologische Standortsamplitude kennzeichnet ihr Vorkommensgebiet. Zu den einheimischen Pappelarten gehören Schwarzpappel (*Populus nigra*), Zitter-Pappel (*Populus tremula*) und Silber-Pappel (*Populus alba*), wobei die letztgenannte in einigen Bundesländern wie Niedersachsen als eingebürgerter Neophyt gilt und unter den definierten naturschutzfachlichen Ausschlusskriterien dort nicht angebaut werden sollte.

Schwarzpappel

Die Europäische Schwarzpappel (*Populus nigra*) ist als Auwaldbaum mit hohen Ansprüchen an Licht-, Wärme- und Nährstoffversorgung auf grundwassernahe, jedoch nicht staunasse Auelehmstandorte mit hohen pH-Werten angewiesen.

Reine Schwarzpappeln sind nach BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR WALD UND FORSTWIRTSCHAFT [LWF 1996] für Kurzumtriebsflächen nicht optimal verwendbar, da sie aufgrund ihres extrem hohen Lichtbedarfs im Dichtstand von Energiewäldern mit konkurrenzbedingten Zuwachsrückgängen und verstärkten Ausfällen reagieren. Sie eignen sich wegen ihres geringen Bewurzelungsvermögens auch nicht für die Steckholzvermehrung. Energiewaldstandorte verfügen darüber hinaus meist nicht über die für Schwarzpappel erforderlichen Standortqualitäten. Ihre Ertragsleistung ist daher auf den meisten Standorten unbefriedigend.

Zitterpappel

Zitterpappeln weisen von allen Pappelarten die höchste Standortstoleranz auf. Mäßig trockene bis wechselfeuchte, aber auch verdichtete Böden unterschiedlichster Nähr-

stoffversorgung sind für sie geeignet. In Energiewäldern sind jedoch für befriedigende Zuwachsleistungen frische, nährstoffreiche, lehmige Sande erforderlich. Die Massenleistung ist geringer als bei Balsampappeln oder Hybriden, da sie vor allem in den ersten Jahren deutlich langsamer wachsen. Sie können daher das Leistungspotential guter Standorte vor allem bei kurzen Umtriebszeiten nicht voll ausschöpfen. Nach Beerntung ist mit intensiver Bildung von Wurzelbrut zu rechnen. Da sich Zitterpappeln für Stecklingsvermehrung nicht eignen, muss relativ teures Pflanzenmaterial aus Kulturen verwendet werden.

Weiden

Weiden gehören zu den formenreichsten Gehölzgattungen der gemäßigten Klimazone nördlicher Breiten [LAUTENSCHLAGER & LAUTENSCHLAGER 1994]. In Mitteleuropa besiedeln ca.300 Arten sehr unterschiedliche Standorte. Die Neigung zu natürlicher Hybridisierung nahverwandter Arten ist sehr ausgeprägt.

Für Energiewaldungen kommen meist nur leistungsfähige Sorten von Hochstrauchformen wie Korbweide (*S. viminalis*) in Frage. Maximale Leistungen werden auf frisch- (wechsel-) feuchten, nährstoffreichen sandigen Lehmen erbracht. Aufgrund des hohen Nährstoffbedarfs kann nach mehreren Umtriebszeiten die Notwendigkeit einer Stickstoffdüngung zur Erhaltung der Wuchsleistung nicht ausgeschlossen werden. Eine ausreichende Belüftung im Wurzelraum ist bei den meisten Weidenarten Voraussetzung für zügiges Wachstum.

Weiden eignen sich als Energiewaldbaum aufgrund ihrer sehr hohen Anwuchssicherheit als Steckling, ihrer ausgeprägten Fähigkeit zum Stockausschlag sowie der geringen Anfälligkeit gegen Schäden (Frosthärte, Krankheitsresistenz). Die Tendenz zur Mehrtriebigkeit (Verbuschung) ist stärker als bei Pappeln ausgeprägt. Raschwüchsige Sorten weisen oftmals geringere Salicingehalte in der Rinde auf und werden daher vom Rehwild bevorzugt verbissen.

Neben den erwähnten vorrangig als Energiebaumarten diskutierten Pappeln und Weiden können jedoch unter Naturschutzaspekten alle einheimischen Pionier- oder Lichtbaumarten (vgl. Tabelle 14.) genutzt werden, auch wenn diese geringere Biomassenzuwächse verzeichnen.

Insbesondere die Hangbereiche von Deponien in der Stilllegungsphase können mit Gehölzen als Dauerkultur gegen Erosion gesichert werden. Dabei sollten artenreiche Mischbestände aus einheimischen Baumarten angepflanzt werden, die mit Gebüsch, Staudenfluren und halbruderalen Gras- und Staudenfluren ein reichstrukturiertes Mosaik bilden können. Einheimische Gebüsche die zur Auswahl stehen wurden in Tabelle 14 aufgelistet. Da einige Baumarten bei wiederholter Schneitelung zu einem buschartigen Wuchs neigen, wurden sie sowohl bei den Bäumen als auch bei den Gebüsch aufgeführt.

Tabelle 13: Schnellwachsende und/oder schnittverträgliche einheimische Gehölzarten

Deponiestandorte	Gehölzarten
Trockenwarmer Standort	Bäume: <i>Betula pendula, Populus tremula, Sorbus aucuparia</i> (<i>Picea abies, Pinus sylvestris</i>) Gebüsche: <i>Acer campestre, Cornus sanguinea, Corylus avellana, Crataegus</i> spp., <i>Ligustrum vulgare, Lonicera xylosteum, Prunus spinosa, Rhamnus cathartica, Rosa canina</i> agg., <i>Rosa</i> spp. u.a.
Mesophiler Standort	Bäume: <i>Acer platanoides, Acer pseudoplatanus, Betula pendula, Carpinus betulus, Populus tremula, Salix caprea, Sorbus aucuparia</i> (<i>Picea abies, Pinus sylvestris</i>) Gebüsche: <i>Cornus sanguinea, Corylus avellana, Crataegus</i> spp., <i>Euonymus europaea, Prunus spinosa, Rosa canina, Rubus</i> spp. u.a.
Bodensaurer Standort	Bäume: <i>Betula pubescens, Betula pendula, Carpinus betulus, Populus tremula, Salix caprea, Sorbus aucuparia</i> (<i>Picea abies, Pinus sylvestris</i>) Gebüsche: <i>Frangula alnus, Rubus</i> spp., <i>Cytisus scoparius, Sorbus aucuparia, Betula pendula, Ulex europaeus</i> .
Feuchter Standort	Bäume: <i>Betula pubescens, Betula pendula, Populus tremula, Carpinus betulus, Salix caprea, Salix fragilis, Salix alba, Salix</i> spp., <i>Sorbus aucuparia, Fraxinus excelsior</i> (<i>Picea abies, Pinus sylvestris</i>) Gebüsche: <i>Salix cinerea, Prunus spinosa, Sambucus nigra, Viburnum opulus</i> u.a.
Nasser Standort	Bäume: <i>Alnus glutinosa, Betula pubescens, Salix fragilis, Salix alba, Salix</i> spp., <i>Fraxinus excelsior</i> Gebüsche: <i>Salix triandra, S. viminalis, S. purpurea, S. fragilis, S. alba, S. hybr.</i> u.a.
Sonstiger Ruderalstandort	Bäume: <i>Acer platanoides, Acer pseudoplatanus, Betula pendula, Populus tremula, Salix caprea, Sorbus aucuparia</i> Gebüsche <i>Sambucus nigra, Prunus mahaleb, Rubus</i> spp., <i>Salix caprea, Betula pendula, Frangula alnus, Populus tremula, Sorbus aucuparia, Rosa</i> spp., <i>Ligustrum vulgare</i> u.a.

Repräsentanten der Gehölze

Zu den Repräsentanten der Gehölze, die für Berechnungen der Biomasse, der Energiegewinnung etc. genutzt werden können und zu denen bereits Vergleichsdaten in der Literatur vorliegen, zählen vor allem *Populus tremula* und *Salix*-Sippen.

Resümee zur Machbarkeit von Gehölzen

Der Anbau von Gehölzen zur energetischen Nutzung wird neben Ackerbaukulturen zurzeit vorrangig diskutiert.

Dabei werden oft hochproduktive fremdländische Arten und/oder Hybriden präferiert, die jedoch unter Naturschutzaspekten nicht angepflanzt werden sollten.

Solange in der Stilllegungsphase noch kein Abdeckungssystem auf die Deponie aufgebracht worden ist, können auf dem gesamten Deponiekörper schnellwachsende einheimische Lichtbaum und Pionierarten angepflanzt und in Form von Niederwaldwirtschaft genutzt werden.

8 Anbau- und Erntemethoden unter Naturschutzaspekten

Im Folgenden werden die Grundsätze der Anbau- und Erntemethoden von Energiepflanzen auf Deponieflächen erläutert, die Standortbedingungen in Abhängigkeit vom aufgebrauchten Boden und den unterschiedlichen Expositionen einer Deponie (z.B. Kuppe, Hang, Fuß) dargestellt sowie unterschiedliche Anbau- und Bewirtschaftungsvarianten der potenziellen Energiepflanzen unter besonderer Berücksichtigung von Naturschutzaspekten vorgeschlagen.

8.1 Grundsätze

Im Sinne des Bundesnaturschutzgesetzes und seiner daraus abzuleitenden Ziele sollten sich die Anbau- und Erntemethoden mit Naturschutzrelevanz möglichst an den Grundregeln des ökologischen Landbaus gemäß der EG-ÖKO-VERORDNUNG¹ orientieren, jedoch nicht ausschließlich danach richten.

In der EG-ÖKO-VERORDNUNG werden die Leitlinien zur Pflanzenerzeugung nach ökologischen Kriterien festgelegt. Diese beziehen sich im Wesentlichen auf Stoffkomponenten und müssen in einem zweiten Schritt mit den Belangen des Naturschutzes abgestimmt werden (s.u. sowie in Kap. 9.1.1 bis 9.3). Anzuwenden sind insbesondere die Bestimmungen nach § 6, 6a und 7 sowie die in Anhang 1, Absatz A für Pflanzen und Pflanzenerzeugnisse und in Absatz B für Tiere und tierische Erzeugnisse erfolgten Festlegungen. Dies bedeutet vor allem bezogen auf den Anbau von Energiepflanzen auf stillgelegten Deponieflächen:

- Fruchtbarkeit und biologische Aktivität des Bodens sind zu erhalten und zu steigern (diese Forderung trifft vor allem für die ausserhalb der Deponiekörpers befindlichen Flächen zu) u.a. durch Einarbeitung von Komposten aus ökologisch wirtschaftenden Betrieben. Abweichend hiervon wäre im vorliegenden Fall auch denkbar, Kompost aus kommunaler Biomüllverwertung (Bioabfälle im Sinne der Bioabfallverordnung § 2 Nr.1 BioAbfV²) zu verwenden.

¹ [Verordnung (EWG) Nr. 2092/91 des Rates vom 24. Juni 1991 über den ökologischen Landbau und die entsprechende Kennzeichnung der landwirtschaftlichen Erzeugnisse und Lebensmittel (ABl. Nr. 198 vom 22.07.1991, S. 1, Fortgeschriebene, nicht amtliche Fassung vom 14. Februar 2003)]

² Zu beachten ist dabei, dass Bioabfälle im Sinne der Bioabfallverordnung auch den Anforderungen nach §6 Abs. 2 Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW-/AbfG) entsprechen.

- Schädlinge, Krankheiten und Unkräuter müssen durch die ganzheitliche Anwendung folgender Maßnahmen bekämpft werden (nur Auswahl für Energiepflanzenanbau):
 - geeignete Arten- und Sortenwahl,
 - mechanische Bodenbearbeitung,
 - Schutz von Nützlingen durch Schaffung günstiger Verhältnisse (z. B. Hecken, Nistplätze, Aussetzung natürlicher Gegenspieler ...)

Insgesamt gilt, dass bei der ökologischen Bewirtschaftung der Anbauflächen so wenig wie möglich in die Vegetationsdecke eingegriffen werden sollte. Deshalb ist Dauerkulturen der Vorzug zu geben. Diese Dauerkulturen sollten sich aus Gesellschaften

- des Dauergrünlands
- der nitrophytischen und anderen Staudenfluren und
- der Baum- und Strauchkulturen

aufbauen.

Zur Diversifizierung des Struktur- und Artenspektrums ist es sinnvoll, jeweils mehrere Kulturtypen miteinander zu kombinieren. Aus gleichem Grund sollten auch innerhalb einer Energiepflanzengruppe generell Mischkulturen geeigneter Arten angelegt werden.

Sie sind je nach Standort auszuwählen, d. h. es sollte differenziert werden nach:

- Nährstoffgehalt des Bodens
- Wasserhaushalt
- Exposition

Eine eventuelle Düngung mit Komposten sollte nach den Regeln des Ökologischen Landbaus/Bioland-Richtlinien erfolgen (gilt nur für Zeitpunkt und /Menge).

Die Beerntung der verschiedenen Strukturtypen sollte zeitversetzt erfolgen, so dass insbesondere der Tierwelt genügend Nahrungs-, Nist- und Deckungsmöglichkeiten verbleiben.

Obwohl der Anbau nach EG-ÖKO-VERORDNUNG gegenüber der konventionellen Landwirtschaft eine deutlich umweltschonendere Bewirtschaftungsweise darstellt, bezieht sich dies jedoch im wesentlichen auf die stofflichen Komponenten. Hingegen ist die Wirtschaftsweise in vielen Öko-Landbau-Betrieben häufig zumindest genauso intensiv, wie bei konventioneller Bewirtschaftung. Dies bedeutet, dass insbesondere solche Arten, die von einer extensiveren Landbewirtschaftung abhängig sind, häufig nur geringfügig und nicht a priori vom Öko-Landbau profitieren. Dies bezieht sich sowohl auf die Wirtschaftsflächen selbst, als auch auf die Landschaftsstrukturen außerhalb der eigentlichen Wirtschaftsflächen. Damit vom Öko-Landbau auch deutlich positive Wirkungen auf die Biodiversität in der Agrarlandschaft ausgehen, müssen gezielte zusätzliche naturschutzfachliche Auflagen berücksichtigt und Maßnahmen ergriffen werden (vergleiche auch Kap. 9.1.1 bis 9.3).

8.1.1 Grünland

Die geeigneten Grünland-Arten sind in Kapitel 8.2.1 genannt.

1. Die Aufwuchsphase wird in der Regel 1-2 Jahre dauern, danach kann prinzipiell jährlich geerntet werden.
2. Der Erntezeitpunkt richtet sich nach der Verwendung des Schnittgutes. Er sollte jedoch aus Naturschutzgründen möglichst nach Abschluss der Blütezeit liegen (Nahrungsgrundlage für Insekten und Vögel); je nach Verwendung des Schnittgutes und spezifischen Naturschutzzielen (Artenschutz Tiere und Pflanzen, Brutzeit, etc.) sind die Wiesen ein- oder zweischürig zu bewirtschaften.
3. Jedes Jahr sollten einige Flächen turnusmäßig nicht beerntet werden, um insbesondere spezialisierten Tierarten Rückzugsmöglichkeiten zu belassen.

8.1.2 Halbruderale Gras- und Staudengesellschaften (nitrophytisch)

Die geeigneten Arten für Gras- und Staudenkulturen sind in Kap. 8.2.2 genannt.

1. Die Aufwuchsphase wird in der Regel 1-2 Jahre dauern, danach kann prinzipiell einmal jährlich geerntet werden.
2. Der Erntezeitpunkt richtet sich nach der Verwendung des Schnittgutes, er sollte jedoch aus Naturschutzgründen möglichst nach Abschluss der Blütezeit liegen (Nahrungsgrundlage für Insekten).

Jedes Jahr sollten einige Flächen turnusmäßig nicht beerntet werden, um insbesondere spezialisierten Tierarten Rückzugsmöglichkeiten zu belassen.

8.1.3 Landröhrichte, Sümpfe und Rieder sowie feuchte bis nasse Staudenfluren

Die geeigneten Arten dieser Vegetationseinheiten sind in Kap. 8.2.3 genannt.

1. Die Aufwuchsphase wird in der Regel 1-2 Jahre dauern, danach kann prinzipiell einmal jährlich geerntet werden.
2. Der Erntezeitpunkt richtet sich nach der Verwendung des Schnittgutes, er sollte jedoch aus Naturschutzgründen möglichst im Winter liegen.

8.1.4 Baum- und Strauchkulturen

Die geeigneten Arten für die Baum- und Strauchpflanzungen sind in Kap. 8.2.4 und 8.2.5 genannt.

- Die Aufwuchsphasen sollten möglichst lang gestaltet werden, (ca. 6-8 Jahre),
- Die Ernte des Aufwuchses sollte abschnittsweise und zeitversetzt um jeweils einige Jahre erfolgen.

Der Erntezeitpunkt sollte im zeitigen Frühjahr vor Beginn der Vogel-Brutzeit etc. liegen.

8.2 Standortfaktoren und Entwicklungsmöglichkeiten

Um Aussagen zu den Etablierungs- und Entwicklungsmöglichkeiten von Vegetationseinheiten auf Deponien treffen zu können, müssen die Standortfaktoren näher analysiert werden. Dabei sind neben den deponietechnischen Vorgaben wie Dränage und Mächtigkeit der Re-kultivierungsschicht die Exposition und das besiedelbare Substrat (Boden) vorrangig zu betrachten.

In Tab. 16 wurden unter Berücksichtigung der drei Nutzungsvarianten (Kap. 9.3) und den davon im wesentlichen abhängigen Hauptvegetationsgruppen Grünland, halbruderale Gras- und Staudenfluren, Landröhrichte, Rieder, Sümpfe und feuchte bis nasse Staudenfluren sowie Gehölzbeständen der vorzugsweise zu nutzende Standort bzw. Exposition auf der Deponie beschrieben. Ferner wurden Aussagen zu den voraussichtlich anzutreffenden Standortfaktoren Boden und Stickstoffversorgung getroffen und die klimatischen Bedingungen der ausgesuchten Vegetationsbestände so weit als möglich analysiert. Dabei wurden die Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas von ELLENBERG (2001) und für das Grünland die Standortbeschreibungen von DIERSCHKE & BRIEMLE (2002: 87 f.) herangezogen.

Tabelle 14: Standorte auf Deponien und Standortfaktoren (Definition der Varianten I bis III in Kapitel 9.3)

Ausschließlich naturschutzfachlich	EG-ÖKO-VERORDNUNG	Gute landwirtschaftliche Praxis
Variante I	Variante II	Variante III
Grünland		
<p>Standorte auf Deponie:</p> <ul style="list-style-type: none"> Etablierung bevorzugt auf der Deponiekuppe und an südexponierten Hängen, aber auch an west- und ostexponierten Hängen mit vorgeschriebener Hangneigung möglich. <p>Standortfaktoren:</p> <ul style="list-style-type: none"> bindige bis leicht bindige, hauptsächlich leicht trockene, in der Regel aber frische Böden, die auch feuchte oder staufeuchte Bereiche aufweisen können [ELLENBERG 2001, Feuchtezahl 3-7]. primär oder nach Aushagerung stickstoffarme bis mäßig stickstoffversorgte Standorte [ELLENBERG 2001, Stickstoffzahl 3-5]. in allen deutschen Klimaten der planaren bis collinen Stufen möglich [ELLENBERG 2001, Temperaturzahl 3-7, DIERSCHKE & BRIEMLE 2002: 87 f]. 	<p>Standorte auf Deponie:</p> <ul style="list-style-type: none"> Etablierung bevorzugt auf der Kuppe, aber auch an süd-, west- und ostexponierten Hängen mit vorgeschriebener Hangneigung möglich. <p>Standortfaktoren:</p> <ul style="list-style-type: none"> bindige bis leicht bindige, hauptsächlich leicht trockene, in der Regel aber frische Böden, die auch feuchte oder staufeuchte Bereiche aufweisen können [ELLENBERG 2001, Feuchtezahl 3-7]. primär oder nach Aushagerung stickstoffärmere bis stickstoffreichere Standorte [ELLENBERG 2001, Stickstoffzahl 4-7]. in allen deutschen Klimaten der planaren bis collinen Stufen möglich [ELLENBERG 2001, Temperaturzahl 3-7, DIERSCHKE & BRIEMLE 2002: 87 f]. 	<p>Standorte auf Deponie:</p> <ul style="list-style-type: none"> Etablierung bevorzugt auf der Kuppe, aber auch an allen Hängen mit vorgeschriebener Hangneigung möglich. <p>Standortfaktoren:</p> <ul style="list-style-type: none"> bindige bis leicht bindige, hauptsächlich leicht trockene, in der Regel aber frische Böden, die auch feuchte oder staufeuchte Bereiche aufweisen können [ELLENBERG 2001, Feuchtezahl 3-7]. mäßig stickstoffreiche bis stickstoffarme Standorte [ELLENBERG 2001, Stickstoffzahl 6-8] in allen deutschen Klimaten der planaren bis collinen Stufen möglich [ELLENBERG 2001, Temperaturzahl 3-7, DIERSCHKE & BRIEMLE 2002: 87 f].

Ausschließlich naturschutzfachlich	EG-ÖKO-VERORDNUNG	Gute landwirtschaftliche Praxis
Variante I	Variante II	Variante III
halbruderalen Gras- und Staudenfluren		
<p>Standorte auf Deponie:</p> <ul style="list-style-type: none"> Etablierung bevorzugt auf der Deponiekuppe und an südexponierten Hängen, aber auch an west- und ostexponierten Hängen mit vorgeschriebener Hangneigung möglich. <p>Standortfaktoren:</p> <ul style="list-style-type: none"> bindige bis leicht bindige, hauptsächlich leicht trockene, in der Regel aber frische Böden, die auch feuchte oder staufeuchte Bereiche aufweisen können [ELLENBERG 2001, Feuchtezahl 3-7]. mäßig stickstoffreiche bis stickstoffreichere Standorte [ELLENBERG 2001, Stickstoffzahl 6-8]. in allen deutschen Klimaten der planaren, collinen und submontanen Stufen möglich 	<p>Standorte auf Deponie:</p> <ul style="list-style-type: none"> Etablierung bevorzugt auf der Kuppe, aber auch an süd-, west- und ostexponierten Hängen mit vorgeschriebener Hangneigung möglich. <p>Standortfaktoren:</p> <ul style="list-style-type: none"> bindige bis leicht bindige, hauptsächlich leicht trockene, in der Regel aber frische Böden, die auch feuchte oder staufeuchte Bereiche aufweisen können [ELLENBERG 2001, Feuchtezahl 3-7] mäßig stickstoffreiche bis stickstoffreiche Standorte [ELLENBERG 2001, Stickstoffzahl 7-8]. in allen deutschen Klimaten der planaren, collinen und submontanen Stufen möglich 	<p>Standorte auf Deponie:</p> <ul style="list-style-type: none"> Etablierung bevorzugt auf der Kuppe, aber auch an allen Hängen mit vorgeschriebener Hangneigung möglich. <p>Standortfaktoren:</p> <ul style="list-style-type: none"> bindige bis leicht bindige, hauptsächlich leicht trockene, in der Regel aber frische Böden, die auch feuchte oder staufeuchte Bereiche aufweisen können [ELLENBERG 2001, Feuchtezahl 3-7]. stickstoffreiche Standorte [Ellenberg 2001, Stickstoffzahl 8-9]. in allen deutschen Klimaten der planaren, collinen und submontanen Stufen möglich

Ausschließlich naturschutzfachlich	EG-ÖKO-VERORDNUNG	Gute landwirtschaftliche Praxis
Variante I	Variante II	Variante III
Landröhrichte, Rieder, Sümpfe und feuchte bis nasse Staudenfluren		
<p>Standorte auf Deponie:</p> <ul style="list-style-type: none"> Im Bereich der Oberflächenwasserfang-, Wasserabfluss- sowie Klär- und Absetzsysteme sowie deren Uferbereiche, die zum Anbau von Energiepflanzen je nach Deponiemöglichkeiten ausgebaut und flächenhaft erweitert werden können. <p>Standortfaktoren:</p> <ul style="list-style-type: none"> in allen deutschen Klimaten der planaren, collinen und submontanen Stufen möglich 	<p>Standorte auf Deponie:</p> <ul style="list-style-type: none"> Siehe links <p>Standortfaktoren:</p> <p>Siehe links</p>	<p>Standorte auf Deponie:</p> <ul style="list-style-type: none"> Siehe links <p>Standortfaktoren:</p> <p>Siehe links</p>

Ausschließlich naturschutzfachlich	EG-ÖKO-VERORDNUNG	Gute landwirtschaftliche Praxis
Variante I	Variante II	Variante III
Baum- und Stauchbeständen		
<p>Standorte auf Deponie:</p> <ul style="list-style-type: none"> Alle Standorte und Expositionen, auch feuchte Entwässerungsrinnen und Becken möglich. Dort meist eutrophe Standortbedingungen. Bevorzugt jedoch an den Hängen zur Sicherung vor Erosion. <p>Standortfaktoren:</p> <ul style="list-style-type: none"> An den Hängen in der Regel mesotrophe Standortbedingungen. bindige bis leicht bindige, hauptsächlich leicht trockene, in der Regel aber frische Böden, die auch feuchte oder staufeuchte Bereiche aufweisen können [ELLENBERG 2001, Feuchtezahl 3-7]. in allen deutschen Klimaten der planaren, collinen und submontanen Stufen möglich 	<p>Standorte auf Deponie:</p> <ul style="list-style-type: none"> Alle Standorte und Expositionen, auch feuchte Entwässerungsrinnen und Becken möglich. Dort meist eutrophe Standortbedingungen. Bevorzugt jedoch an den Hängen zur Sicherung vor Erosion. <p>Standortfaktoren:</p> <ul style="list-style-type: none"> An den Hängen in der Regel mesotrophe bis leicht eutrophe Standortbedingungen bindige bis leicht bindige, hauptsächlich leicht trockene, in der Regel aber frische Böden, die auch feuchte oder staufeuchte Bereiche aufweisen können [ELLENBERG 2001, Feuchtezahl 3-7]. in allen deutschen Klimaten der planaren, collinen und submontanen Stufen möglich 	<p>Standorte auf Deponie:</p> <ul style="list-style-type: none"> Alle Standorte und Expositionen, auch feuchte Entwässerungsrinnen und Becken möglich, Bevorzugt jedoch an den Hängen zur Sicherung vor Erosion. <p>Standortfaktoren:</p> <ul style="list-style-type: none"> immer eutrophe Standortbedingungen. bindige bis leicht bindige, hauptsächlich leicht trockene, in der Regel aber frische Böden, die auch feuchte oder staufeuchte Bereiche aufweisen können [ELLENBERG 2001, Feuchtezahl 3-7]. in allen deutschen Klimaten der planaren, collinen und submontanen Stufen möglich

8.3 Modifizierungen von Anbau- und Bewirtschaftungsweisen unter besonderer Berücksichtigung des Naturschutzes

Zur Modifizierung und Detaillierung der in Kap. 8.1 genannten Grundlagen (deponietechnische und naturschutzfachliche Ausschlusskriterien) der Nutzung von Energiepflanzen sind in Abhängigkeit von den jeweiligen Standortfaktoren auf den Deponien folgende Parameter von besonderer Bedeutung:

- Etablierung (Einsaat, Heudrusch etc).
- Bestandspflege (Pflanzenschutzmittel, Walzen, Striegeln etc.)
- Düngung (Mineraldünger, Kompost etc.)
- Ernte (Häufigkeit, Zeitpunkte und Intervalle/Umtriebszeiten)
- Landtechnik und Bewirtschaftungsweise (Maschinen, Bewirtschaftungsvorschriften)

Für diese können insbesondere unter Berücksichtigung von verschiedenen starken (restriktiven) Naturschutzauflagen Nutzungsvarianten unterschiedlicher Intensität definiert werden.

- Variante I:** **Anbau und Bewirtschaftung ausschließlich nach Naturschutzgesichtspunkten** (nähere Definition siehe unten)
- Variante II:** **entsprechend den Grundregeln des ökologischen Landbaus gemäß der EG-ÖKO-VERORDNUNG ohne Bodenbruch und Einsatz von Pflanzenschutzmitteln, mit zusätzlichen Maßnahmen des Naturschutz**
- Variante III:** **entsprechend der guten landwirtschaftlichen Praxis ohne Bodenbruch und Einsatz von chemischen Pflanzenschutzmitteln, mit zusätzlichen Maßnahmen des Naturschutzes**

Im folgenden werden die drei Varianten für die Vegetationsgruppen Grünland, halbruderale Gras- und Staudenfluren sowie Strauch- und Baumbestände jeweils unter den oben genannten Gesichtspunkten Etablierung, Bestandspflege, Düngung, Ernte, Landtechnik und Bewirtschaftungsweise textlich und tabellarisch näher definiert.

Etablierung

Abhängig von der Art der Energiepflanzen bzw. –gruppe gibt es unterschiedliche Möglichkeiten der Etablierung. So können Grünland, Staudenfluren, Röhrichte und auch einige Baum- bzw. Straucharten über natürlichen Anflug und nachfolgender Sukzession bzw. Bewirtschaftung (Grünland) entwickelt werden. Ausgangszustand ist dabei entweder der Rohboden der Rekultivierungsschicht oder schon vorhandene Vegetation auf dieser Schicht. Vorteil dabei ist es, dass es sich dann in der Regel um autochthone Bestände der Umgebung handelt, die insbesondere an die klimatischen Bedingungen der Region gut angepasst sind und entsprechend wüchsig sein können. Allerdings kann die Zusammensetzung der Vegetation nicht gesteuert werden, so dass z.B. auch „unerwünschte“ Neophyten auftreten können. Ein weiterer Nachteil, dass nutzbare Aufwüchse (Biomasse) häufig nicht zeitnah zu erzielen sind. Dies gilt insbesondere für Gehölze.

Die andere grundsätzliche Vorgehensweise besteht darin, gezielt Bestände über Diasporen (Saat, Rhizome u.Ä.) oder Stecklinge (Gehölze, Röhrichte) zu säen oder zu pflanzen. Dabei sind Saatgut oder Pflanzmaterial aus der unmittelbaren Deponieregion solchem aus anderen Naturräumen oder aus Zuchtbetrieben vorzuziehen.

Eine naturschutzrelevante Vorgehensweise ist z.B. das Heumahd- oder Heudruschverfahren für die Entwicklung von Grünland oder Staudenfluren, wobei die Vegetation über Mulchen oder Einsaat von Material benachbarter Wiesen initiiert wird [KAISER & WOHLGEMUTH 2002: 220, PFADENHAUER 1999, Reck et al. 1999 u.a.]. Alternativ sind auch Ansaaten mit handelsüblichem Mischsaatgut (alternativ mit hohem Kraut- oder Wirtschaftsgräseranteil) möglich. Das Mulchen und alle Ansaaten erfolgen ebenfalls auf den Rohboden oder in die vorhandene möglichst lückige Vegetation.

Eine weitere Möglichkeit Grünland zu entwickeln besteht in der Umwandlung bestehender Gras- und Staudenfluren durch jährlich mehrfache Mahd. Unterstützt werden kann eine solche Vorgehensweise durch zusätzliches Einbringen von Heu oder Heudrusch aus benachbartem Grünland.

Tabelle 15 gibt einen Überblick über verschiedene Möglichkeiten der Etablierung von Energiepflanzenbeständen.

Tabelle 15: Entwicklungsmöglichkeiten von Energiepflanzen

Entwicklungsmöglichkeiten		
Ausschließlich naturschutzfachlich	EG-Öko-Verordnung	Gute landwirtschaftliche Praxis
Variante I	Variante II	Variante III
Grünland		
<p>Ausgangsbestände:</p> <p>1. Offenbodenbiotop oder lückige Pioniervegetation</p> <ul style="list-style-type: none"> durch Mahd der Ausgangsbiotop. Beschleunigung der Grünlandentwicklung durch Mähgut- oder Heublumensaat (Heudrusch) [Kaiser & Wohlgemuth 2002: 220, Pfadenhauer 1999, Reck et al. 1999]. bei Bedarf Ausmagerung der Standorte durch Biomasseentzug über zwei- dreimalige Mahd pro Jahr zwischen Ende Mai und Oktober sowie Abtransport des Mähguts [Kaiser & Wohlgemuth 2002: 220.] 	<p>Ausgangsbestände:</p> <p>1. Offenbodenbiotop oder lückige Pioniervegetation</p> <ul style="list-style-type: none"> durch Mahd der Ausgangsbiotop oder Einsaat mit krautreichen Saatmischungen. 	<p>Ausgangsbestände:</p> <p>1. Offenbodenbiotop oder lückige Pioniervegetation</p> <ul style="list-style-type: none"> Einsaat von Wirtschaftsgräsern in den Bestand.
<p>2. halbruderale Gras- und Staudenfluren</p> <ul style="list-style-type: none"> Nutzungswiederaufnahme der Bestände ausschließlich durch Mahd. Beschleunigung der Grünlandentwicklung durch Mähgut- oder Heublumensaat bei noch lückigen Beständen möglich [KAISER & WOHLGEMUTH 2002: 220, PFADENHAUER 1999, RECK et al. 1999]. 	<p>2. halbruderale Gras- und Staudenfluren</p> <ul style="list-style-type: none"> Nutzungswiederaufnahme der Bestände durch Mahd oder Neueinsaat mit krautreichen Saatmischungen in die Bestände. 	<p>2. halbruderale Gras- und Staudenfluren</p> <ul style="list-style-type: none"> Nutzungswiederaufnahme von halbruderalen Gras- und Staudenfluren durch Mahd oder Umbruch und Neueinsaat.

Halbruderale Gras- und Staudenfluren		
<p>Ausgangsbestände:</p> <p>Offenbodenbiotop oder lückige Pioniervegetation sowie bestehende halbruderale Gras- und Staudenfluren</p> <ul style="list-style-type: none"> durch freie Sukzession. 	<p>Ausgangsbestände:</p> <p>Offenbodenbiotop oder lückige Pioniervegetation sowie bestehende halbruderale Gras- und Staudenfluren</p> <ul style="list-style-type: none"> durch freie Sukzession, Beschleunigung [KAISER & WOHLGEMUTH 2002: 226] und/oder Lenkung durch Mähgutsaat. 	<p>Ausgangsbestände:</p> <p>Offenbodenbiotop oder lückige Pioniervegetation sowie bestehende halbruderale Gras- und Staudenfluren</p> <ul style="list-style-type: none"> durch freie Sukzession, Beschleunigung [KAISER & WOHLGEMUTH 2002: 226] und/oder Lenkung durch Mähgutsaat. Auch Neueinsaat möglich (z.B. Brennesel).

Landröhrichte, Rieder und Sümpfe sowie feuchte bis nasse Staudenfluren		
<p>Ausgangsbestände:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Meist bereits in verschiedenen Entwicklungsstadien vorhanden. • Bei Neuanlage von Gewässern über offene Sukzession. Die Einbringung von Diasporen (Rhizome, Samen, Mähgut etc.) aus benachbarten Beständen der freien Landschaft ist ebenfalls möglich. 	<p>Ausgangsbestände:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Meist bereits in verschiedenen Entwicklungsstadien vorhanden. • Bei Neuanlage von Gewässern Einbringung von Diasporen (Rhizome, Samen, Mähgut etc.) aus benachbarten Beständen der freien Landschaft. 	<p>Ausgangsbestände:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Meist bereits in verschiedenen Entwicklungsstadien vorhanden. • Bei Neuanlage von Gewässern Pflanzung oder Einsaat.

Baum- und Strauchbestände		
<p>Pflanzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • in Rekultivierungsschicht (Offenboden) oder vorhandene Vegetation (auch in Beständen von Pioniergehölze) • Unregelmäßig (keine Reihen) • Durchschnittliche Pflanzdichte: < 0,5 Stecklinge / Jungpflanzen pro m² 	<p>Pflanzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • in Rekultivierungsschicht (Offenboden) oder vorhandene Vegetation • Reihenpflanzung mit variierenden Reihen- und Pflanzabständen • Durchschnittliche Pflanzdichte: 0,5 Stecklinge / Jungpflanzen pro m² 	<p>Pflanzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • in Rekultivierungsschicht (Offenboden) oder vorhandene Vegetation • Reihenpflanzung • Durchschnittliche Pflanzdichte: 1 – 1,5 Stecklinge / Jungpflanzen pro m²

Bestandspflege

Die Pflege von Energiepflanzenbeständen umfasst in der Praxis häufig die Saatbeetvorbereitung mit vorhergehendem Umbruch, sonstige Bodenbearbeitungen (Walzen, Striegeln), Freischneiden bei Gehölzbeständen sowie Pflanzenschutzmaßnahmen (vgl. Kap. 10.2.3). Von diesen unterliegen der Umbruch aufgrund deponietechnischer Vorgaben (Erosionsgefahr; vgl. 6.1.1) und der Einsatz von Pestiziden aus Naturschutzgründen (vgl. Kap. 6.1.2) den Ausschlusskriterien für Energiepflanzen. Welche Pflegemaßnahmen für die einzelnen Energiepflanzengruppen vorgesehen sind, zeigt Tabelle 18 auf.

Tabelle 16: Pflege von Energiepflanzen

Pflegemaßnahmen		
Ausschließlich naturschutzfachlich	EG-Öko-Verordnung	Gute landwirtschaftliche Praxis
Variante I	Variante II	Variante III
Grünland		
<ul style="list-style-type: none"> Kein Pestizideinsatz Kein Umbruch Kein Walzen oder Schleppen Striegeln vor dem 15. März und nach dem 15. Oktober möglich. 	<ul style="list-style-type: none"> Kein Pestizideinsatz Kein Umbruch Kein Walzen, Schleppen oder Striegeln nach dem 15. März 	<ul style="list-style-type: none"> Kein Pestizideinsatz Keine Walzen, Schleppen oder Striegeln möglich
Halbruderale Gras- und Staudenfluren		
<ul style="list-style-type: none"> Kein Pestizideinsatz Kein Umbruch 	<ul style="list-style-type: none"> Kein Pestizideinsatz Kein Umbruch 	<ul style="list-style-type: none"> Kein Pestizideinsatz Kein Umbruch
Landröhrichte, Rieder und Sümpfe sowie feuchte bis nasse Staudenfluren		
<ul style="list-style-type: none"> Kein Pestizideinsatz Kein Umbruch 	<ul style="list-style-type: none"> Kein Pestizideinsatz Kein Umbruch 	<ul style="list-style-type: none"> Kein Pestizideinsatz Kein Umbruch
Baum- und Strauchbestände		
<ul style="list-style-type: none"> Kein Pestizideinsatz Kein Freischneiden in der Etablierungsphase 	<ul style="list-style-type: none"> Kein Pestizideinsatz Mechanisch mit Freischneider in den ersten 2-3 Jahren. 	<ul style="list-style-type: none"> Kein Pestizideinsatz. Mechanisch mit Freischneider in den ersten 2-3 Jahren.

Düngung

Die Nährstoffgehalte im Boden sind Faktoren, die nicht nur über zu erzielende Biomasseerträge entscheiden, sondern aus Naturschutzsicht auch die Zusammensetzung von Pflanzenartengemeinschaften und indirekt z.B. über Vegetationsstrukturen oder Bereitstellung von Nahrungspflanzen auch das Tierartenspektrum im Wesentlichen mitbestimmen. Dabei ist grundsätzlich davon auszugehen, dass oligotrophe oder mesotrophe Verhältnisse beim Anbau von Energiepflanzen naturschutzfachlich eine höhere Bedeutung besitzen als eutrophe Bedingungen. Ein geringer Trophiegrad bewirkt einen hohen tierartenrelevanten Strukturreichtum und damit auch eine höhere Vielfalt oft hochspezialisierter Arten.

Eine Düngung der Energiepflanzenbestände soll nur in den Anbauvarianten III (zur Optimierung der Biomasseerträge) und II (nach Entzug) regelmäßig erfolgen. In der Variante I soll das Grünland nur gedüngt werden, wenn die Tendenz zu ausgesprochenen Magerstandorten erkennbar ist.

Wie in Kap. 10.1 gefordert sollte möglichst nur in Form von Kompost gedüngt werden, da dieser organische Dünger in der Regel bei Hausmülldeponien als Endprodukt der Kompostierung von Bioabfall und Grünabfällen vorhanden ist. Nur wenn dies nicht der Fall ist oder wenn Mangelerscheinungen in den Beständen den gezielten Einsatz bestimmter Nährstoffe erfordern, ist auch die Zugabe von Mineraldüngern angezeigt [vgl. u.a. KAISER &

WOHLGEMUTH 2002: 220 ff.]. In Tabelle 17 ist der mögliche Düngeinsatz für die unterschiedlichen Energiepflanzen dargestellt.

Tabelle 17: Düngung von Energiepflanzen

Düngung		
Ausschließlich naturschutzfachlich	EG-Öko-Verordnung	Gute landwirtschaftliche Praxis
Variante I	Variante II	Variante III
Grünland		
<ul style="list-style-type: none"> Keine bis relativ geringe organische Düngegaben (Kompost), wenn Tendenz zu äußerst ertragsarmen Magergrünland erkennbar ist. 	<ul style="list-style-type: none"> Organische (Kompost) und in Ausnahmefällen mineralische Düngung nach Entzug. 	<ul style="list-style-type: none"> Meist starke organische (Kompost) und in Ausnahmefällen mineralische Düngung zur Ertragsoptimierung
Halbruderale Gras- und Staudenfluren		
<ul style="list-style-type: none"> Keine 	<ul style="list-style-type: none"> sporadische organische (Kompost) und in Ausnahmefällen mineralische Düngung möglich. 	<ul style="list-style-type: none"> organische und in Ausnahmefällen mineralische Düngung zur Ertragsoptimierung
Landröhrichte, Rieder und Sümpfe sowie feuchte bis nasse Staudenfluren		
<ul style="list-style-type: none"> Keine 	<ul style="list-style-type: none"> organische (Kompost) und in Ausnahmefällen mineralische Düngung nach Entzug 	<ul style="list-style-type: none"> organische und in Ausnahmefällen mineralische Düngung zur Ertragsoptimierung
Baum- und Strauchbestände		
<ul style="list-style-type: none"> Keine 	<ul style="list-style-type: none"> organische (Kompost) und in Ausnahmefällen mineralische Düngung nach Entzug 	<ul style="list-style-type: none"> organische und in Ausnahmefällen mineralische Düngung zur Ertragsoptimierung

Ernte

Erntehäufigkeiten, -zeitpunkte und -intervalle (Umtriebszeiten) haben ebenfalls einen starken Einfluss auf das Vorkommen von Tier- und Pflanzenarten. Dabei ist festzustellen, dass die Ernte immer einen "katastrophalen" Eingriff in die Vegetationsbestände bedeutet, Entwicklungszyklen von Pflanzen- und Tierarten unterbrochen und Fortpflanzungserfolge stark herabgesetzt werden können. Durch die Wahl des "richtigen" Mahdzeitpunktes, ausreichender zeitlicher Abstände zwischen den Ernten und möglichst geringer Anzahlen von Mahdvorgängen lassen sich Schädigungen von Flora und Fauna erheblich einschränken [z.B. KRATZ et al. 2001]. Gleichwohl soll an dieser Stelle nicht unerwähnt bleiben, dass eine Mahd etwa durch Verbesserungen des Mikroklimas (höhere Sonneneinstrahlung fördert z.B. die Entwicklung von Insekten) oder durch eine kurzzeitige Erhöhung des Nahrungsangebotes (z.B. für den Weißstorch) auch Bedingungen schafft, von denen Tierarten profitieren können.

Die Vorschläge zu den Ernteparametern beim Anbau von Energiepflanzen sind der Tabelle 18 zu entnehmen.

Tabelle 18: Ernteparameter für den Anbau von Energiepflanzen

Ernteparameter		
Ausschließlich naturschutzfachlich	EG-Öko-Verordnung	Gute landwirtschaftliche Praxis
Variante I	Variante II	Variante III
Grünland		
<ul style="list-style-type: none"> 1-schüurig, Mitte Juli, wenn möglich in Teilen erst im Spätsommer (September) 	<ul style="list-style-type: none"> 1- (2)-schüurig, Ende Mai und Mitte September 	<ul style="list-style-type: none"> 1 (- 3) schüurig
Halbruderales Gras- und Staudenfluren		
<ul style="list-style-type: none"> alle 2 bis 3 Jahre im Winterhalbjahr Oktober und Februar. 	<ul style="list-style-type: none"> ein- bis zweijährige Mahd im Winterhalbjahr zwischen Oktober und Februar. 	<ul style="list-style-type: none"> jährliche Mahd (Zeitpunkt ertrags- und verwertungsoptimiert). Bei zu starker Vergrasung Brachejahr einlegen.
Landröhrichte, Rieder und Sümpfe sowie feuchte bis nasse Staudenfluren		
<ul style="list-style-type: none"> alle 2 Jahre im Winterhalbjahr zwischen Oktober und Februar 	<ul style="list-style-type: none"> alle 1- 2 Jahre im Winterhalbjahr zwischen Oktober und Februar 	<ul style="list-style-type: none"> jährliche Mahd (Zeitpunkt ertrags- und verwertungsoptimiert)
Baumbestände		
<ul style="list-style-type: none"> Ernte (Einschlag und Mahd) alle 9 - 10 Jahre im Winterhalbjahr. genutzt werden kann die gesamte lebende und abgestorbene Biomasse aus Gehölz- und Krautschicht, naturschutzoptimiert. 	<ul style="list-style-type: none"> Ernte (Einschlag und Mahd) alle 6 - 8 Jahre im Winterhalbjahr, 	<ul style="list-style-type: none"> ertrags- und verwertungsoptimierter Einschlag der Gehölze alle 5 – 6 Jahre Ertrags- und verwertungsoptimiert. Genutzt wird vorwiegend die lebende Biomasse der Gehölzschicht genutzt.
Strauchbestände		
<ul style="list-style-type: none"> Ernte (Einschlag) alle 5- 8 Jahre im Winterhalbjahr 	<ul style="list-style-type: none"> Ernte (Einschlag und Mahd) alle 3- 5 Jahre im Winterhalbjahr 	<ul style="list-style-type: none"> ertrags- und verwertungsoptimierter Einschlag der Gehölze alle 2-3 Jahre Ertrags- und verwertungsoptimiert.

Landtechnik und Bewirtschaftungsweise

Unter naturschonender Landtechnik wird der Einsatz von Maschinen verstanden, die sich aufgrund ihrer Funktionsweise (z.B. Balkenmäher kontra Kreiselmäher als Unterschiede zwischen Variante II und III) oder bestimmter Einstellungen am Gerät (z.B. Mahdschritthöhe von über (8 cm) besonders naturverträglich erwiesen haben [u.a. OPPERMANN 2004, OPPERMANN & CLAßEN 1998].

Tierartenschonende Bewirtschaftungsweise sind u.a. das Mähen von Parzellen von innen nach außen oder das Stehenlassen von Teilflächen oder Randstreifen [u.a. KAISER & WOHLGEMUTH 2002, KRATZ et al. 2001].

Tabelle 19 gibt einen Überblick über die einzusetzende Landtechnik und Hinweise zur Bewirtschaftungsweise der Energiepflanzen.

Tabelle 19: Landtechnik und Hinweise zur Bewirtschaftungsweise der Energiepflanzen

Landtechnik und Hinweise zur Bewirtschaftungsweise (Ernte und Einschlag)		
Ausschließlich naturschutzfachlich	EG-ÖKO-VERORDNUNG	Gute landwirtschaftliche Praxis
Variante I	Variante II	Variante III
Grünland		
<ul style="list-style-type: none"> • Balkenmäher • Mahd von innen nach außen • Stehenlassen von Randstreifen • Die Grünlandnutzung einer Deponie sollte in einem möglichst kleinräumigen Mosaik und zeitlich gestaffelt erfolgen, so dass im Gebiet ein kontinuierliches Blühangebot besteht. 	<ul style="list-style-type: none"> • Balkenmäher • Mahd von innen nach außen • Stehenlassen von Randstreifen 	<ul style="list-style-type: none"> • Balkenmäher • Kreiselmäher u.a. • Mahd von innen nach außen • Stehenlassen von Randstreifen
Halbruderale Gras- und Staudenfluren		
<ul style="list-style-type: none"> • Balkenmäher • Mahd von Innen nach außen • Stehlassen von Randstreifen oder Teilflächen • Liegen lassen von Erntematerial (Haufen) 	<ul style="list-style-type: none"> • Balkenmäher • Mahd von Innen nach außen • Stehlassen von Randstreifen oder Teilflächen 	<ul style="list-style-type: none"> • Balkenmäher, Kreiselmäher u.a. • Mahd von Innen nach außen •
Landröhrichte, Rieder und Sümpfe sowie feuchte bis nasse Staudenfluren		
<ul style="list-style-type: none"> • Balkenmäher • Mahd von Innen nach außen • Stehen lassen von Randstreifen • Liegen lassen von Erntematerial (Haufen) 	<ul style="list-style-type: none"> • Balkenmäher • Mahd von Innen nach außen • Stehen lassen von Randstreifen 	<ul style="list-style-type: none"> • Balkenmäher • Kreiselmäher u.a. • Mahd von innen nach außen
Baum- und Strauchbestände		
<ul style="list-style-type: none"> • Freischneider, Bügelmotorsäge, Mobilhacker, Ast- und Heckenscheeren. • Stehen- und Liegenlassen von Teilbeständen und Totholz. • Keine Mahd der Krautfluren 	<ul style="list-style-type: none"> • Selbstfahrhäcksler, Fäll-Bündel-Maschine. • Stehen- und Liegenlassen von Teilbeständen und Totholz. • Mahd der Krautfluren möglich 	<ul style="list-style-type: none"> • Selbstfahrhäcksler, Mähhacker, Fäll-Bündel-Maschine. • Stehenlassen von Teilbeständen • Jährliche Mahd der Krautfluren

9 Bewertung unter Aspekten des Naturschutzes und des Umweltschutzes

9.1 Naturschutz

An dieser Stelle muss darauf hingewiesen werden, dass im Folgenden zunächst mit einem potenziell oder theoretisch erreichbarem Zustand (in der Vegetationsentwicklung und der Etablierung von Artengemeinschaften) argumentiert wird. Der tatsächliche naturschutzfachliche Wert ist in einer Machbarkeitsstudie aufgrund der stark variierenden und nur schwer im Voraus festlegbaren Standortverhältnisse der jeweiligen Deponie und ihre Einbindung in den landschaftlichen Kontext nur schwer zu bestimmen.

Die effektive Etablierbarkeit ist nur anhand von Demonstrationsvorhaben über einen längeren Zeitraum überprüfbar.

9.1.1 Wert für die Schutzgüter

Bei jeder naturschutzfachlichen (vergleiche auch BNatschG § 10) Bewertung stehen die Schutzgüter Luft, Boden, Wasser, Landschaftsbild und Arten und Lebensgemeinschaften im Vordergrund (vergleiche auch BNatschG § 1, § 2, siehe unten). Die Schutzgüter Luft, Boden und Wasser sind bei der Betrachtung von Deponien als Anbaufläche für Energiepflanzen nur eingeschränkt bewertbar,

- da die Einzelflächen der jeweiligen Deponien aufgrund ihrer geringen Größe luftklimatisch in der Regel nur eine untergeordnete Rolle spielen,
- es sich auf Deponien - im Vergleich zu natürlichen Böden – in der Regel nur um sehr geringmächtige Rekultivierungsschichten und nicht um gewachsene Böden handelt, die keine ausgeprägte Pedogenese aufweisen und keinen natürlichen oder naturnahen Bodenhaushalt und damit auch
- keinen natürlichen Wasserhaushalt mit Anschluß an das Grundwasser mit entsprechenden Austauschbedingungen besitzen (Foliensperrschicht). Ferner kann das Oberflächenwasser aufgrund deponietechnischer Vorgaben wie Dränagen und Wasserfassungssystemen keine natürliche Vorflut entwickeln.

Selbstverständlich können auf Deponien auch expositions- und substratbedingt kleinklimatische, mikrohydrologische und pedologische Sonderbiotope angetroffen werden, die insbesondere für die Insektenfauna und für konkurrenzschwache Pflanzenarten von Bedeutung sein können. Diese haben jedoch meist nur temporär Bestand (Pionierstandorte) oder müssen wie im Fall der kleinklimatischen Auswirkungen auf Insekten fallspezifisch betrachtet werden. Eine weiterführende Abhandlung kann jedoch im Zuge dieser Machbarkeitsstudie nicht geleistet werden und kann im Rahmen der weiterführenden Demonstrationsvorhaben näher untersucht werden.

9.1.2 Schutzgut Boden

Für das Schutzgut Boden gilt ansonsten das Bundesnaturschutzgesetz BNatSchG, das fordert:

*„... Böden sind so zu erhalten, dass sie ihre Funktionen im Naturhaushalt erfüllen können. Natürliche oder von Natur aus geschlossene Pflanzendecken sowie die Ufervegetation sind zu sichern. **Für nicht land- oder forstwirtschaftlich oder gärtnerisch genutzte Böden, deren Pflanzendecke beseitigt worden ist, ist eine standortgerechte Vegetationsentwicklung zu ermöglichen. Bodenerosionen sind zu vermeiden.**“*

Die textlich hervorgehobenen Forderungen werden weitestgehend durch die deponietechnische Vorgaben (TASI) und die aus naturschutzfachlicher Sicht ermittelten Vegetationsbestände (Dauervegetation) erfüllt.

9.1.3 Schutzgut Wasser

Für das Schutzgut Wasser wird im Bundesnaturschutzgesetz BNatSchG gefordert:

*„... Natürliche oder naturnahe Gewässer sowie deren Uferzonen und natürliche Rückhalteflächen sind zu erhalten, zu entwickeln oder wiederherzustellen. Änderungen des Grundwasserspiegels, die zu einer Zerstörung oder nachhaltigen Beeinträchtigung schutzwürdiger Biotope führen können, sind zu vermeiden; **unvermeidbare Beeinträchtigungen sind auszugleichen. Ein Ausbau von Gewässern soll so naturnah wie möglich erfolgen.**“*

Auch die für das Schutzgut Wasser textlich hervorgehobenen Forderungen werden durch die deponietechnischen Vorgaben (TASI) und die aus naturschutzfachlicher Sicht ermittelten Vegetationsbestände (Dauervegetation) in und entlang der Entwässerungssysteme außerhalb der Deponieabdeckungen erfüllt.

9.1.4 Schutzgut Landschaftsbild

Mit § 1 BNatSchG ist das „**Ziel, die Vielfalt, Eigenart und Schönheit von Natur und Landschaft zu erhalten**“, gleichrangig neben den Schutz der Bestandteile des Naturhaushaltes - Boden, Wasser, Luft, Tier- und Pflanzenarten - gestellt. Der Gesetzgeber hat dem Schutzgut Landschaftsbild somit einen hohen Stellenwert im Naturschutzrecht zuerkannt (GASSNER 1995). Die Erhaltungsforderung begründet sich auf dem Bedürfnis des Menschen nach Erholung in einer als schön empfundenen Landschaft.

In der Regel wurde dem Schutzgut Landschaftsbild bereits bei der Planfeststellung der Deponien unter dem Punkt Renaturierung und den darin verankerten Vorgaben, in der auch die Punkte Relief und Reliefdynamik verankert sind, Rechnung getragen.

Die vorgestellten Vegetationseinheiten Grünland, Staudenfluren, Röhrichte und verwandte Bestände sowie Gehölze bieten einen ausreichenden Gesellschafts- und Biotopfundus mit dem während der Stilllegungs- und Nachsorgephase unter Berücksichtigung der jeweiligen Eigenart der Landschaft, in die die Deponie eingebettet ist, eine naturschutzgerechte Renaturierung bzw. Rekultivierung durchgeführt werden kann.

9.1.5 Schutzgut Arten- und Lebensgemeinschaften

Auch die naturschutzfachliche Forderung zum Erhalt der biologischen Vielfalt (Diversität) ist im BNatSchG gesetzlich fixiert. Dort heißt es:

„... Zur Sicherung der Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushalts ist die biologische Vielfalt zu erhalten und zu entwickeln. Sie umfasst die Vielfalt an Lebensräumen und Lebensgemeinschaften, an Arten sowie die genetische Vielfalt innerhalb der Arten.

... Die wild lebenden Tiere und Pflanzen und ihre Lebensgemeinschaften sind als Teil des Naturhaushalts in ihrer natürlichen und historisch gewachsenen Artenvielfalt zu schützen. Ihre Biotope und ihre sonstigen Lebensbedingungen sind zu schützen, zu pflegen, zu entwickeln oder wiederherzustellen.“

Diesen Forderungen wird durch die gewählten Energiepflanzengruppen, die sich vollständig aus den einheimischen Arten und ihren natürlichen Lebensgemeinschaften rekrutieren und die naturverträglich genutzt werden können, Rechnung getragen. Vergleichbare Wirkungen werden selbst bei extensivstem Ackerbau bzw. Zweikulturnutzungen, die als Ökologisierung des Landbaus bezeichnet werden (SCHEFFER 2003) nicht erreicht, da bei dieser Nutzung immer auch eine Bodenstörung durch Neueinsaat stattfindet. Zu einer vergleichbaren Bewertung des Energiepflanzenanbaus kommt das Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft der Schweiz BUWAL, welches in seinem Positionspapier deutlich aufzeigt, dass es die ackerbauliche Feld-Bewirtschaftung zur Produktion von Energiepflanzen nicht befürwortet, die energetische Nutzung von Energiepflanzen aus extensiv bewirtschafteten Flächen (Wiesen, ökologische Ausgleichsflächen, Stilllegungs- oder Randflächen etc.) jedoch begrüßt [BINGGELI, D. & B. GUGGISBERG 2002]

Der Wert der ermittelten Energiepflanzen bzw. ihrer Bestände für den Arten- und Biotopschutz ist im Wesentlichen durch ihren europäischen, bundesweiten und länderspezifischen Schutzstatus bzw. durch ihren Gefährdungsgrad festgelegt.

Der fortschreitenden Gefährdung bedrohter und schutzbedürftiger Arten und Biotoptypen wirken die Gesetzgeber des Bundes und der Länder entgegen. So bietet auf Bundesebene der § 30 des Bundesnaturschutzgesetzes (BNatSchG) eine notwendige Fachgrundlage und Rahmenrichtlinie. Dieser Empfehlung folgen die länderspezifischen Naturschutzgesetze. Die nach BNatSchG schützenswerten Arten und Biotoptypen besitzen damit auch in den Ländern einen Schutzstatus.

Auf europäischer Ebene soll mit Hilfe der Fauna-Flora-Habitatrichtlinie (FFH-Richtlinie), die als Rahmenvorschrift in nationales Recht übernommen und ausgefüllt werden muss, ein umfassender Schutz gefährdeter Arten (Anhang II Arten) und Biotope/Lebensraumtypen von europäischer Bedeutung in den Staaten der Europäischen Union gewährleistet werden (POTT 1996). Ziel der FFH-Richtlinie ist die Schaffung eines europaweiten Schutzgebietssystems mit einheitlichen Kriterien. Die FFH-Richtlinie gibt Hinweise darauf, was aus EU-Sicht als besonders wertvoll erachtet wird.

Der eigentliche Schutzstatus der Biotoptypen wird jedoch durch die auf Landesebene besonders geschützten Biotoptypen ausgedrückt, für deren Unterschutzstellung im wesentlichen die Schutzkriterien des BNatSchG und der FFH-Richtlinie berücksichtigt werden.

Aus dem Schutztatbestand kann jedoch nicht zwingend auf einen hohen Naturschutzwert und umgekehrt aus einem fehlenden Schutzbestand nicht auf einen geringen Naturschutzwert geschlossen werden [KAISER 1999].

Neben den besonders geschützten Arten und Biotoptypen müssen daher auch die Roten Listen der jeweiligen Länder und Deutschlands zur Bewertung für den Arten- [KORNECK et al. 1996, BINOT et al. 1998] und Biotopschutz [RIECKEN et al. 1994] berücksichtigt werden. Die Roten Listen gefährdeter Biotoptypen beinhalten neben den vegetationskundlichen Aspekten auch tierökologische Gesichtspunkte. Infolgedessen ist der Gefährdungsgrad vieler Biotope höher als derjenige der dazugehörigen Pflanzengesellschaften [V. DRACHENFELS 1996].

Die Roten Listen gefährdeter Biotoptypen weisen demnach unter Berücksichtigung der

- **Lebensraumsprüche von Pflanzenarten (Bedeutung für den Pflanzenschutz),**
- **Pflanzengesellschaften (Bedeutung für den Schutz von Pflanzengesellschaften) und**
- **Tierarten (Bedeutung für den Tierartenschutz)**

auf die Bedrohung und Bedeutung der jeweiligen Ökosysteme als Gesamtheit hin.

Zur Bewertung der Biotope können nach KAISER (1998) unter anderem auch die Kriterien

- Regenerierbarkeit und
- Seltenheit, aber auch
- Flächenverlust,
- historischer und aktueller Rückgang sowie
- Qualitätsverlust

herangezogen werden, die in der Regel jedoch bereits als Basis zur Ermittlung des Gefährdungsgrades dienen (v. DRACHENFELS 1996). Die Bewertung beinhaltet eine Inwertsetzung der Biotopdaten in Form einer normativ gesetzten Zustands-Wertigkeits-Relation. Je gefährdeter ein Biotoptyp, desto wertvoller ist er in der Regel für den Naturschutz bzw. Biotop-schutz.

Neben Schutzatbestand und Gefährdungsgrad als erster Schritt einer Bewertung (Vor- oder Grundbewertung) sind u.a.

- Naturnähe bzw. Hemerobiegrad
- standort- oder naturraumtypische Ausprägung,
- biotopcharakteristische Artenzusammensetzung,
- Minimumareale,
- Vernetzungs- und Trittsteinfunktion,
- Entwicklungsdauer,
- Singularität,
- Leitbildkonformität,
- etc.

weitere wichtige Kriterien bei der Naturschutzbewertung von Biotopen oder Lebensraumtypen (vergleiche auch BASTIAN & SCHREIBER (1994: 300 ff.)). Diese sind teilweise jedoch naturraumspezifisch und/oder müssen im Einzelfall für jeden Deponiestandort näher definiert werden.

Ein über die Grundbewertung hinausführendes Bewertungsmodell, das neben Gefährdungsgrad und die zum Gefährdungsgrad führenden Einzelparameter auch die Bedeutung der jeweiligen Biotope als Lebensraum für Tiere und Pflanzen und die Naturnähe landschaftsraumspezifisch betrachtet wird z.B. unter http://www.senckenberg.de/files/content/forschung/abteilung/botanik/phanerogamen1/pro2_1_g.pdf vorgestellt.

Es wird darauf hingewiesen, dass Einzelfallbetrachtungen

- aufgrund eines stark eingeschränkten Kostenrahmens nicht im Zuge der Machbarkeitsstudie leistbar sind, diese jedoch
- bei den weiterführenden Demonstrationsvorhaben geprüft werden können und weiterführend
- bei jeder einzelnen Betrachtung des Naturschutzwertes von Vegetationseinheiten einer Deponie unter Berücksichtigung der naturraumspezifischen Parameter durchgeführt werden sollten.

Dabei sollte jedoch auch eine Gegenüberstellung der naturschutzfachlich optimalen Bewertung mit dem Alltag der landschaftsplanerischen Realität stattfinden.

In den folgenden Kapiteln wird der Wert der vorgeschlagenen Vegetationsgruppen unter den oben genannten Kriterien für den Pflanzenarten-, Tierarten- und Biotopschutz näher beleuchtet.

9.1.6 Vorbewertung oder Grundwert für den Pflanzenarten- und Biotopschutz

Die unter den naturschutzfachlichen Ausschlusskriterien ermittelten einheimischen Energiepflanzen bzw. die Energiepflanzengruppen oder die daraus ableitbaren Bestände können Biotoptypen mit ihren kennzeichnenden Arten zugeordnet und nach ihrem Schutz und Gefährdungsgrad vorbewertet werden (Grundwert). Dieser auf dem Gefährdungsgrad der Biotope basierende Grundwert sollte in jedem Fall durch eine naturschutzfachliche Bewertung, in die neben Schutz, Gefährdung, Naturnähe, standort- oder naturraumtypische Ausprägung und biotopcharakteristische Artenzusammensetzung sowie Leitbildkonformität einfließen für jeden Deponiestandort ergänzt werden (Einzelfallbewertung, vergleiche auch oben)

Tabelle 20: Ermittlung des Grundwertes von Biotoptypen

Gefährdungsstufen der Roten Liste der Biotoptypen in Niedersachsen [V. DRACHENFELS 1996]		Wertigkeitsstufen für den Biotopschutz im Landes- und bundesweiten Bezug [BORKOWSKY 2001]	
1	von vollständiger Vernichtung bedroht	herausragende Bedeutung	+++++
2	stark gefährdet bzw. stark beeinträchtigt	sehr hohe Bedeutung für den Biotopschutz	++++
3/P	gefährdet bzw. beeinträchtigt / potentiell gefährdet	hohe Bedeutung für den Biotopschutz	+++
S	schutzwürdig, z.T. schutzbedürftig, aber noch nicht landesweit gefährdet	mittlere Bedeutung für den Biotopschutz	++
-	vermutlich keine Gefährdung	Grundbedeutung für den Biotopschutz	+

Im Folgenden werden daher die unter Kap. 7 genannten Energiepflanzenbestände (Grünland bis Gehölze) tabellarisch in Abhängigkeit der drei oben ermittelten Varianten aufgelistet. Die daraus ableitbaren Biotope werden für eine länderübergreifende Bewertung der Standard-Biototypenliste Deutschlands [RIECKEN et al. 2003] und den FFH- Lebensraumtypen [SSYMANK et al. 1998] zugeordnet. Exemplarisch für die Länderebene werden die Biototypen Niedersachsens [v. DRACHENFELS 2004] ermittelt und über ihren Schutz- und Gefährdungsgrad bewertet. Zudem werden die wertgebenden geschützten und gefährdeten Gefäßpflanzen Deutschlands [KORNECK et al. 1996] und Niedersachsens [GARVE 2004] sowie die Anhang II Arten der FFH-Richtlinie, die potenziell in den Beständen wachsen können, ermittelt.

Niedersachsen wurde beispielhaft als repräsentatives Bundesland gewählt, da hier mit den vorkommenden Küsten-, Flachland- sowie Berg- und Hügellandstandorte eine breite Standort- und Biotopamplitude abgedeckt werden kann, die in anderen Bundesländern nicht immer gegeben ist. Zudem liegen hier zwei der drei Demonstrationsstandorte (Wolfsburg und Göttingen, vgl. Kap 14).

Tabelle 21: Wert der Pflanzenbestände, Biotope und Lebensraumtypen für den Naturschutz

Ausschließlich naturschutzfachlich	EG-ÖKO-VERORDNUNG	Gute landwirtschaftliche Praxis
Variante I	Variante II	Variante III
Grünland		
Artenreiches Grünland mittlerer Standorte artenreiche Bergwiesen	Sonstiges Grünland mittlerer Standorte	Intensivgrünland
Bestandsaufbau/Struktur: <ul style="list-style-type: none"> In Teilen lückige strukturreiche Pflanzendecke mittlerer Bestandshöhe. Aufgrund der extensiven Nutzung Anreicherung auch von überjährigem Bestandsabfall möglich. 	Bestandsaufbau/Struktur: <ul style="list-style-type: none"> Mehr oder weniger geschlossene, relativ strukturreiche Pflanzendecke mittlerer bis höherer Bestandshöhe. Teilweise Anreicherung von Bestandsabfall möglich. 	Bestandsaufbau/Struktur: <ul style="list-style-type: none"> Artenarme, meist geschlossene, dichte und hohe monostrukturierte Pflanzendecke. Aufgrund intensiver Nutzung kein nennenswerter Bestandsabfall.
Gefährdete Pflanzen die potenziell in dem zu entwickelnden Grünland wachsen können: Europa: Keine FFH-Arten Deutschland: Aufgrund der Deponievorgabe bindige Böden für die Andeckung zu benutzen, können gefährdete Arten, die primär auf flachgründigen, mageren Standorten vorkommen, nur eingeschränkt gefördert werden. Nach DIERSCHKE & BRIEM-	Gefährdete Pflanzen die potenziell in dem zu entwickelnden Grünland wachsen können: Europa: Keine FFH-Arten Deutschland: Aufgrund der Deponievorgabe bindige Böden für die Andeckung zu benutzen, können gefährdete Arten, die primär auf flachgründigen, mageren Standorten vorkommen, nur eingeschränkt gefördert werden. Nach DIERSCHKE & BRIEMLE (2002:	Gefährdete Pflanzen die potenziell in dem zu entwickelnden Grünland wachsen können: Europa: Keine FFH-Arten Deutschland: Seltene und gefährdete Sippen kommen nur ausnahmsweise und/oder zufällig vor und können sich in der Regel nicht etablieren.

<p>LE (2002: 205 ff.) sind dies auf Bundesebene z.B.:</p> <p><i>Alchemilla</i> ssp., <i>Campanula patula</i>, <i>Hordeum secalinum</i>, <i>Ophioglossum vulgatum</i>, <i>Rhinanthus angustifolius</i> u.a.</p> <p>Niedersachsen: Gefährdete Sippen in Niedersachsen sind inkl. Vorwarnliste [GARVE 2004]:</p> <p><i>Alchemilla</i> ssp., <i>Bistorta officinalis</i>, <i>Briza media</i>, <i>Centaurea pseudophrygia</i>, <i>Crepis biennis</i>, <i>Meum athamanticum</i>, <i>Phyteuma nigrum</i>, <i>Phyteuma spicatum</i>, <i>Saxifraga granulata</i> u.a.</p> <p>Gefährdete Sippen können bei entsprechender Förderung über Heublumenansaat beständige Populationen auf.</p>	<p>205 ff.) sind dies auf Bundesebene z.B.:</p> <p>keine</p> <p>Niedersachsen: Gefährdete Sippen in Niedersachsen sind inkl. Vorwarnliste [GARVE 2004]:</p> <p><i>Briza media</i>, <i>Saxifraga granulata</i> u.a.</p> <p>Gefährdete Sippen können bei entsprechender Förderung über Heublumenansaat mehr oder weniger stabile Populationen aufbauen können.</p>	<p>keine</p> <p>Niedersachsen: Gefährdete Sippen in Niedersachsen sind inkl. Vorwarnliste [GARVE 2004]:</p> <p>(keine)</p> <p>Seltene und gefährdete Sippen kommen nur ausnahmsweise und/oder zufällig vor und können sich in der Regel nicht etablieren</p>
<p>Biotope/Lebensraumtypen:</p> <p>Deutschland Nach der Standardbiotoptypenliste [RIECKEN et al. 2003]: für Deutschland mit Gefährdungsangaben [Riecken et al. 1994] gehören hierzu:</p> <ul style="list-style-type: none"> • artenreiche, frische Mähwiesen der planaren bis submontanen Stufe (Code 34.07). Schutzstatus: - Gefährdung: 1 • artenreiche, frische Mähwiesen der montanen bis hochmontanen Stufe (Code 34.08). Schutzstatus: - Gefährdung: 2 <p>Europa - FFH-Lebensraumtyp Nach SSYMANK et al. (1998), RIECKEN et al. (2003) gehören hierzu:</p> <ul style="list-style-type: none"> • extensive Mähwiesen der planaren bis submontanen Stufe (NATURA 2000-Code: 	<p>Biotope/Lebensraumtypen:</p> <p>Deutschland Nach der Standardbiotoptypenliste [RIECKEN et al. 2003]: für Deutschland mit Gefährdungsangaben [Riecken et al. 1994] gehören hierzu:</p> <ul style="list-style-type: none"> • mäßig artenreiche, frische Mähwiesen der planaren bis submontanen Stufe (Code 34.07). Schutzstatus: - Gefährdung: 1 • artenreicheres frisches Intensivgrünland der planaren bis hochmontanen Stufe (Code 34.08, Schutzstatus: - Gefährdung: 2 <p>Europa - FFH-Lebensraumtyp Nach SSYMANK et al. (1998), RIECKEN et al. (2003) gehören hierzu:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Keine Entsprechung 	<p>Biotope / Lebensraumtypen:</p> <p>Deutschland Nach der Standardbiotoptypenliste [RIECKEN et al. 2003]: für Deutschland mit Gefährdungsangaben [Riecken et al. 1994]gehören hierzu:</p> <ul style="list-style-type: none"> • artenarmes Intensivgrünland frischer Standorte der planaren bis submontanen Stufe (Code 34.08.01) Schutzstatus: - Gefährdung: - • artenarmes Intensivgrünland frischer Standorte der montanen Stufe (Code 34.08.02) Schutzstatus: - Gefährdung: - <p>Europa - FFH-Lebensraumtyp Nach SSYMANK et al. (1998), RIECKEN et al. (2003) gehören hierzu:</p> <p>Keine Entsprechung</p>

<p>6510)</p> <ul style="list-style-type: none"> Berg-Mähwiesen (NATURA 2000-Code: 6520) <p><u>Niedersachsen:</u> Nach v. DRACHENFELS (2004):</p> <ul style="list-style-type: none"> Sonstiges mesophiles Grünland, artenreiche Ausprägung (GMR) Schutzstatus: § Gefährdung: 2 nährstoffreiche Bergwiesen (GTR) Schutzstatus: § Gefährdung: 3 submontane Grünland frischer, basenreicher Standorte (GTS) Schutzstatus: § Gefährdung: 2 	<p><u>Niedersachsen:</u> NACH v. DRACHENFELS (2004):</p> <ul style="list-style-type: none"> Sonstiges mesophiles Grünland, artenarmer Ausprägung (GMZ) Schutzstatus: - Gefährdung: 3 submontane Grünland frischer, basenreicher Standorte (GTS) Schutzstatus: § Gefährdung: 2 	<p><u>Niedersachsen:</u> NACH v. DRACHENFELS (2004):</p> <ul style="list-style-type: none"> Intensivgrünland (GI, GA) Schutzstatus: - Gefährdung: -
<p>Wert für den Naturschutz:</p> <ul style="list-style-type: none"> Sehr hohe bis herausragende Bedeutung 	<p>Wert für den Naturschutz:</p> <ul style="list-style-type: none"> Sehr hohe bis hohe Bedeutung, potenziell herausragende Bedeutung möglich 	<p>Wert für den Naturschutz:</p> <ul style="list-style-type: none"> Grundbedeutung bis mittlere Bedeutung je nach Nutzungsintensität

Halbruderale Gras- und Staudenfluren

Staudenfluren frischer bis trockener Standorte	Staudenfluren frischer bis trockener Standorte	Staudenfluren frischer bis trockener Standorte
<p>Bestandsaufbau/Struktur:</p> <ul style="list-style-type: none"> mehr oder weniger geschlossene Pflanzendecke unterschiedlicher Höhe mit einem reichen Mosaik aus verschiedenen hochwüchsigen Staudenfluren in die auch hochwüchsige oder horstbildende Gräsern eingestreut sein können. Aufgrund der extensiven Nutzung Anreicherung auch von überjährigem Bestandsabfall möglich. 	<p>Bestandsaufbau/Struktur:</p> <ul style="list-style-type: none"> mehr oder weniger geschlossene, relativ monostrukturierte Staudenfluren mit einem regelmäßigen Anteil an Mittel und Obergräsern. Teilweise Anreicherung von Bestandsabfall möglich. 	<p>Bestandsaufbau/Struktur:</p> <ul style="list-style-type: none"> artenarme, geschlossene, monostrukturierte, dichte und hohe Gras- und Staudenflur, ertragsoptimiert. Aufgrund intensiver Nutzung kein nennenswerter Bestandsabfall
<p>Gefährdete Pflanzen die potenziell in dem zu entwickelnden Grünland wachsen können:</p> <p><u>Europa:</u> Keine FFH-Arten</p> <p><u>Deutschland:</u> Nach KORNECK et al. (1996.) sind dies auf Bundesebene z.B.:</p>	<p>Gefährdete Pflanzen die potenziell in dem zu entwickelnden Grünland wachsen können:</p> <p><u>Europa:</u> Keine FFH-Arten</p> <p><u>Deutschland:</u> Nach KORNECK et al. (1996.) sind dies auf Bundesebene z.B.:</p>	<p>Gefährdete Pflanzen die potenziell in dem zu entwickelnden Grünland wachsen können:</p> <p>FFH-Arten oder seltene und gefährdete Sippen kommen nur ausnahmsweise und/oder zufällig vor und können sich in der Regel nicht etablieren.</p>

<p>Keine</p> <p><u>Niedersachsen:</u> Gefährdete Sippen in Niedersachsen sind inkl. Vorwarnliste (GARVE 2004): <i>Artemisia campestris, Ballota nigra, Leonurus cardiaca, Cynoglossum officinale, Echium vulgare, Hyoscyamus niger</i> u.a.</p> <p>Die gefährdeten Sippen bauen beständige Populationen auf.</p>	<p>Keine</p> <p><u>Niedersachsen:</u> Gefährdete Sippen in Niedersachsen sind inkl. Vorwarnliste (GARVE 2004): <i>Ballota nigra, Leonurus cardiaca</i> u.a.</p> <p>Die gefährdeten Sippen können mittelfristig mehr oder weniger große stabile Populationen aufbauen.</p>	
<p><u>Biotope/Lebensraumtypen:</u></p> <p><u>Deutschland</u> Nach der Standardbiotoptypenliste (RIECKEN et al. 2003): für Deutschland mit Gefährdungsangaben (Riecken et al. 1994) gehören hierzu:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Krautige und grasige Säume und Fluren der offenen Landschaft (ohne Ufersäume) der mesotrophen, trockenwarmen und mesotrophen, feuchten bis frischen Standorte (Code 39.03) Schutzstatus: - Gefährdung: 2-3 • artenarme, gehölzfreie Dominanzbestände von Poly-Kormonbildnern wie Landreitgras-Dominanzbestände (Code 39.07) Schutzstatus: - Gefährdung: - <p><u>Europa - FFH-Lebensraumtyp</u> Nach SSYMANK et al. (1998), RIECKEN et al. (2003) gehören hierzu</p> <ul style="list-style-type: none"> • Keine <p><u>Niedersachsen:</u> Nach v. DRACHENFELS (2004):</p>	<p><u>Biotope / Lebensraumtypen:</u></p> <p><u>Deutschland</u> Nach der Standardbiotoptypenliste (RIECKEN et al. 2003): für Deutschland mit Gefährdungsangaben (Riecken et al. 1994) gehören hierzu:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Krautige und grasige Säume und Fluren der offenen Landschaft (ohne Ufersäume) der mesotrophen, feuchten bis frischen Standorte (Code 39.03) Schutzstatus: - Gefährdung: 2-3 • artenarme, gehölzfreie Dominanzbestände von Poly-Kormonbildnern wie Landreitgras-Dominanzbestände (Code 39.07.02) Schutzstatus: - Gefährdung: * • sonstiger artenarmer, gehölzfreier Dominanzbestand (Code 39.07.03) eutropher Standorte Schutzstatus: - Gefährdung: * <p><u>Europa - FFH-Lebensraumtyp</u> Nach SSYMANK et al. (1998), RIECKEN et al. (2003) gehören hierzu</p> <ul style="list-style-type: none"> • Keine <p><u>Niedersachsen</u> Nach v. DRACHENFELS (2004):</p>	<p><u>Biotope / Lebensraumtypen:</u></p> <p><u>Deutschland</u> Nach der Standardbiotoptypenliste (RIECKEN et al. 2003): für Deutschland mit Gefährdungsangaben (Riecken et al. 1994) gehören hierzu:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Krautige und grasige Säume und Fluren der offenen Landschaft (ohne Ufersäume) der mesotrophen, feuchten bis frischen Standorte (Code 39.03.01) Schutzstatus: - Gefährdung: 2-3 • artenarme, gehölzfreie Dominanzbestände von Poly-Kormonbildnern wie Landreitgras-Dominanzbestände (Code 39.07.02) Schutzstatus: - Gefährdung: * • sonstiger artenarmer, gehölzfreier Dominanzbestand (Code 39.07.03) eutropher Standorte Schutzstatus: - Gefährdung: * <p><u>Europa - FFH-Lebensraumtyp</u> Nach SSYMANK et al. (1998), RIECKEN et al. (2003) gehören hierzu</p> <ul style="list-style-type: none"> • Keine <p><u>Niedersachsen</u></p>

<ul style="list-style-type: none"> • halbruderale Gras- und Staudenfluren frischer Standorte (UHM) Schutzstatus: - Gefährdung: Sd • halbruderale Gras- und Staudenfluren trockener Standorte (UHT) Schutzstatus: - Gefährdung: 3d 	<ul style="list-style-type: none"> • halbruderale Gras- und Staudenfluren frischer Standorte (UHM) Schutzstatus: - Gefährdung: Sd 	<p>Nach v. DRACHENFELS (2004):</p> <ul style="list-style-type: none"> • halbruderale Gras- und Staudenfluren frischer Standorte (UHM) Schutzstatus: - Gefährdung: Sd
<p>Wert für den Naturschutz:</p> <ul style="list-style-type: none"> • hohe Bedeutung mit Tendenz zur sehr hohen 	<p>Wert für den Naturschutz:</p> <ul style="list-style-type: none"> • hohe Bedeutung 	<p>Wert für den Naturschutz:</p> <ul style="list-style-type: none"> • mittlere bis hohe Bedeutung

Landröhrichte und feuchten bis nassen Staudenfluren (Mischbestände aus Landröhrichten, halbruderalen- und Uferstaudenfluren, Sümpfe ...)		
<ul style="list-style-type: none"> • Landröhricht • Seggen-, Binsen- und Stauden-Sümpfe • Hochstaudenflur nährstoffreicher Standorte • Uferstaudenfluren 	Siehe links	Siehe links
<p>Bestandsaufbau/Struktur mehr oder weniger geschlossene Pflanzendecke unterschiedlicher Höhe mit einem reichen Mosaik aus Arten der Röhrichte, Staudenfluren und Seggenriedern.</p>	<p>Bestandsaufbau/Struktur mehr oder weniger geschlossene staudenreichere Röhrichte oder mehr oder weniger monostrukturierte Röhrichte in die Staudenfluren und/oder Seggenrieder eingestreut sein können.</p>	<p>Bestandsaufbau/Struktur artenarme, geschlossene, monostrukturierte, dichte und hohe Pflanzendecke</p>
<p>Gefährdete Pflanzen die potenziell in dem zu entwickelnden Grünland wachsen können:</p> <p><u>Deutschland:</u> Nach KORNECK et al. (1996.) sind dies auf Bundesebene z.B.:</p> <p><i>Butomus umbellatum, Cicuta virosa, Cladium mariscus, Carex appropinquata, C. aquatilis, Lathyrus palustris, Thalictrum flavum, Ranunculus lingua, Senecio paludosus</i></p> <p><u>Niedersachsen:</u> Gefährdete Sippen in Niedersachsen sind inkl. Vorwarnliste (GARVE 2004):</p> <p><i>Butomus umbellatum, Cicuta vi-</i></p>	<p>Gefährdete Pflanzen die potenziell in dem zu entwickelnden Grünland wachsen können:</p> <p><u>Deutschland:</u> Nach KORNECK et al. (1996.) sind dies auf Bundesebene z.B.:</p> <p><i>Thalictrum flavum, Senecio paludosus</i></p> <p><u>Niedersachsen:</u> Gefährdete Sippen in Niedersachsen sind inkl. Vorwarnliste (GARVE 2004):</p> <p><i>C. pseudocyperus, C. vesicaria,</i></p>	<p>Gefährdete Pflanzen die potenziell in dem zu entwickelnden Grünland wachsen können:</p> <p><u>Deutschland:</u> Nach KORNECK et al. (1996.) sind dies auf Bundesebene z.B.:</p> <p><i>Thalictrum flavum,</i></p> <p><u>Niedersachsen:</u> Gefährdete Sippen in Niedersachsen sind inkl. Vorwarnliste (GARVE 2004):</p> <p><i>C. pseudocyperus, C. vesicaria, Iris</i></p>

<p><i>rosa</i>, <i>Cladium mariscus</i>, <i>Carex appropinquata</i>, <i>C. aquatilis</i>, <i>C. panicea</i>, <i>C. paniculata</i>, <i>C. pseudocyperus</i>, <i>C. vesicaria</i>, <i>Iris pseudacorus</i>, <i>Lathyrus palustris</i>, <i>Oenanthe aquatica</i>, <i>Thalictrum flavum</i>, <i>Thalictrum lucidum</i>, <i>Ranunculus lingua</i>, <i>Senecio paludosus</i>, <i>Sonchus palustris</i></p> <p>Es wird darauf hingewiesen, dass es sich um gefährdete Arten handelt, die in der offenen Landschaft in den entsprechenden Biotoptypen angetroffen werden können. Einige extrem seltene wie <i>Cladium mariscus</i> werden sich vermutlich nie aus eigener Kraft in vergleichbaren Deponiebiotopen etablieren können.</p>	<p><i>Iris pseudacorus</i>, <i>Oenanthe aquatica</i>, <i>Thalictrum flavum</i>, <i>Thalictrum lucidum</i>, <i>Senecio paludosus</i>, <i>Sonchus palustris</i></p>	<p><i>pseudacorus</i>, <i>Thalictrum flavum</i></p>
<p>Biotope/Lebensraumtypen:</p> <p><u>Deutschland</u> Nach der Standardbiotoptypenliste [RIECKEN et al. 2003]: für Deutschland mit Gefährdungsangaben [Riecken et al. 1994] gehören hierzu:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Großseggenriede nährstoffarmer bis nährstoffreicher Standorte (Code 37), Schutzstatus: § Gefährdung: 2-3 • Schilf-Landröhricht (Code 38.02.02), Schutzstatus: § Gefährdung: 2-3 • Rohrkolbenröhricht (Code 38.02.03), Schutzstatus: § Gefährdung: * • Wasserschwadenröhricht (Code 38.02.05), Schutzstatus: § Gefährdung: * • Rohrglanzgrasröhricht (Code 38.02.06) Schutzstatus: § Gefährdung: * • sonstige Röhrichte (Code 	<p>Biotope / Lebensraumtypen:</p> <p><u>Deutschland</u> Nach der Standardbiotoptypenliste [RIECKEN et al. 2003]: für Deutschland mit Gefährdungsangaben [Riecken et al. 1994] gehören hierzu:</p> <p>Siehe links</p>	<p>Biotope / Lebensraumtypen:</p> <p><u>Deutschland</u> Nach der Standardbiotoptypenliste [RIECKEN et al. 2003]: für Deutschland mit Gefährdungsangaben [Riecken et al. 1994] gehören hierzu:</p> <p>Siehe links</p>

<p>38.02.07), Schutzstatus: § Gefährdung: 2-3</p> <p><u>Europa - FFH-Lebensraumtyp</u> Nach Ssymank et al. (1998), Riecken et al. (2003) gehören hierzu:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Feuchte Hochstaudenfluren der planaren und montanen bis alpinen Stufe (NATURA 2000-Code: 6430) • Die nährstoffreichen Sümpfe und Landröhrichte können in den zu erwartenden Ausprägungen keinem FFH-Lebensraumtypen zugeordnet werden. <p><u>Niedersachsen:</u> Nach v. DRACHENFELS (2004):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Schilf-Landröhricht(NRS) Schutzstatus: § Gefährdung: 2 Rohrglanzgras-Landröhricht (NRG) Schutzstatus: § Gefährdung: 3 • Wasserschwaden-Landröhricht (NRW) Schutzstatus: § Gefährdung: 3 • Rohrkolben-Landröhricht (NRR) Schutzstatus: § Gefährdung: 3 • Teichsimen-Landröhricht (NRT) Schutzstatus: § Gefährdung: 2 • Sonstige Landröhrichte (NRZ) Schutzstatus: § Gefährdung: 2 • Nährstoffreiches Großseggenried (NSG) Schutzstatus: § 	<p><u>Europa - FFH-Lebensraumtyp</u> Nach Ssymank et al. (1998), Riecken et al. (2003) gehören hierzu:</p> <ul style="list-style-type: none"> • siehe links <p><u>Niedersachsen:</u> Nach v. DRACHENFELS (2004):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Siehe links 	<p><u>Europa - FFH-Lebensraumtyp</u> Nach Ssymank et al. (1998), Riecken et al. (2003) gehören hierzu:</p> <p>siehe links</p> <p><u>Niedersachsen:</u> Nach v. DRACHENFELS (2004):</p> <p>Siehe links</p>
--	---	---

<p>Gefährdung: 2</p> <ul style="list-style-type: none"> • Binsen- und Simsenried nährstoffreicher Standorte (NSB) Schutzstatus: § Gefährdung: 2 • Hochstaudensumpf nährstoffreicher Standorte (NSS) Schutzstatus: § Gefährdung: 2 • Sonstiger nährstoffreicher Sumpf (NSR) Schutzstatus: § Gefährdung: 2 • Bach- und sonstige Uferstaudenfluren (NUB) Schutzstatus: § Gefährdung: 2 <p>Bemerkung: Nährstoffärmere Ausprägungen sind in Ausnahmen möglich, jedoch unwahrscheinlich, da in der Regel zufließendes Hangwasser nährstoffangereichert ist.</p>		
<p>Wert für den Naturschutz: hohe bis sehr hohe Bedeutung</p>	<p>Wert für den Naturschutz: hohe bis sehr hohe Bedeutung</p>	<p>Wert für den Naturschutz: (eingeschränkt sehr hohe Bedeutung durch Nutzungsintensität) hohe Bedeutung</p>

Gehölze 1: Bäume-/Forst/Pionierwälder		
<p>Bestandsaufbau/Struktur: mehr oder weniger geschlossener strukturreicherer artenreicher Baumbestand, mit einem Mosaik aus Röhrichten, Staudenfluren, Seggenriedern und/oder halbruderalen Gras- und Staudenfluren</p>	<p>Bestandsaufbau/Struktur: mehr oder weniger geschlossener, in Teilen strukturreicherer Baumbestand, in den Röhrichten, Staudenfluren, Seggenriedern und/oder halbruderalen Gras- und Staudenfluren eingestreut sein können und eine mehr oder weniger regelmäßige Bewirtschaftungsstruktur bilden.</p>	<p>Bestandsaufbau/Struktur: Artenarme, monostrukturierte, Gehölzplantage ohne ausgeprägte Strauch- und artenarmer Krautschicht auf nährstoffreichen Standorten.</p>
<p>Gefährdete Pflanzen die potenziell in dem zu entwickelnden Grünland wachsen können:</p> <p>Europa:</p>	<p>Gefährdete Pflanzen die potenziell in dem zu entwickelnden Grünland wachsen können:</p> <p>Europa:</p>	<p>Gefährdete Pflanzen die potenziell in dem zu entwickelnden Grünland wachsen können:</p> <p>Europa:</p>

<p>Keine FFH-Arten</p> <p>Deutschland: Nach KORNECK et al. (1996.) sind dies auf Bundesebene z.B.:</p> <p>keine</p> <p>Niedersachsen: Gefährdete Sippen in Niedersachsen sind inkl. Vorwarnliste [GARVE 2004]:</p> <p>keine</p>	<p>Keine FFH-Arten -Arten</p> <p>Deutschland: Nach KORNECK et al. (1996.) sind dies auf Bundesebene z.B.:</p> <p>Keine</p> <p>Niedersachsen: Gefährdete Sippen in Niedersachsen sind inkl. Vorwarnliste [GARVE 2004]:</p> <p>keine</p>	<p>Keine FFH-Arten</p> <p>Deutschland: Nach KORNECK et al. (1996.) sind dies auf Bundesebene z.B.:</p> <p>Keine</p> <p>Niedersachsen: Gefährdete Sippen in Niedersachsen sind inkl. Vorwarnliste [GARVE 2004]:</p> <p>keine</p>
<p>Biotope/Lebensraumtypen:</p> <p>Deutschland Nach der Standardbiotoptypenliste [RIECKEN et al. 2003]: für Deutschland mit Gefährdungsangaben [Riecken et al. 1994] gehören hierzu:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vorwälder (Code 42.03) Schutzstatus: - Gefährdung: - • Laubmischholzforste einheimischer Baumarten (Code 43.09) Schutzstatus: - Gefährdung: - <p>Europa - FFH-Lebensraumtyp Nach Ssymank et al. (1998), Riecken et al. (2003) gehören hierzu:</p> <ul style="list-style-type: none"> • keine <p>Niedersachsen (v. DRACHENFELS 1996):</p> <p>Pionierwälder:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Birken-Zitterpappel-Pionierwälder (WPB) Schutzstatus: - Gefährdung: S • Ahorn-Eschen-Pionierwälder (WPE) Schutzstatus: - Gefährdung: S • Weiden-Pionierwälder 	<p>Biotope / Lebensraumtypen:</p> <p>Deutschland Nach der Standardbiotoptypenliste [RIECKEN et al. 2003]: für Deutschland mit Gefährdungsangaben [Riecken et al. 1994] gehören hierzu:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Siehe links <p>Europa - FFH-Lebensraumtyp Nach Ssymank et al. (1998), Riecken et al. (2003) gehören hierzu:</p> <ul style="list-style-type: none"> • keine <p>Niedersachsen (v. DRACHENFELS 1996):</p> <p>Pionierwälder:</p> <ul style="list-style-type: none"> • bei Anflug-Pionierwäldern siehe links 	<p>Biotope / Lebensraumtypen:</p> <p>Deutschland Nach der Standardbiotoptypenliste [RIECKEN et al. 2003]: für Deutschland mit Gefährdungsangaben [Riecken et al. 1994] gehören hierzu:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Siehe links <p>Europa - FFH-Lebensraumtyp Nach Ssymank et al. (1998), Riecken et al. (2003) gehören hierzu:</p> <ul style="list-style-type: none"> • keine <p>Niedersachsen (v. DRACHENFELS 1996):</p> <p>Keine Pionierwälder natürlicher Entstehung</p>

<p>(WPW) Schutzstatus: - Gefährdung: S</p> <ul style="list-style-type: none"> sonstige Pionierwälder (WPS) Schutzstatus: - Gefährdung: S <p>Laubforste:</p> <ul style="list-style-type: none"> Laubforst aus einheimischen Arten (WXH) Schutzstatus: - Gefährdung: - 		<p>Laubforste:</p> <ul style="list-style-type: none"> Laubforst aus einheimischen Arten (WXH) Schutzstatus: - Gefährdung: - Sonstiger Gehölzbestand/Gehölzpflanzung (HP) Schutzstatus: - Gefährdung: -
<p>Wert für den Naturschutz: mittlere Bedeutung mit Tendenz zur hohen bei Strukturvielfalt und entsprechender Begleitflora</p>	<p>Wert für den Naturschutz: mittlere Bedeutung</p>	<p>Wert für den Naturschutz: Grundbedeutung</p>

Gehölze 2: Gebüsche		
<p>Bestandsaufbau/Struktur: Mehr oder weniger lückige, struktur- und artenreiche Gehölzmischbestände vorwiegend aus verschiedenen einheimischen Weiden und Feuchtgebüschchen sowie mesophilen und Ruderal-Gebüschchen auf mäßig trockenen, frischen aber auch auf feuchten bis nassen, mesophilen bis eutrophen Standorten, die mit Röhrichtern, Seggenriedern, Staudenfluren und halbruderalen Gras- und Staudenfluren ein reichstrukturiertes Mosaik bilden.</p>	<p>Bestandsaufbau/Struktur: Mehr oder weniger geschlossene, in Teilen struktur- und artenreichere Gehölzmischbestände vorwiegend aus verschiedenen einheimischen Weiden und Feuchtgebüschchen sowie mesophilen und Ruderal-Gebüschchen auf mäßig trockenen, frischen aber auch auf feuchten bis nassen, meist jedoch mesophilen Standorten, die mit Röhrichtern, Seggenriedern, Staudenfluren und halbruderalen Gras- und Staudenfluren eine mehr oder weniger regelmäßige Bewirtschaftungsstruktur bilden.</p>	<p>Bestandsaufbau/Struktur: Artenarme, monostrukturierte, Strauchplantage mit artenarmer Krautschicht auf nährstoffreichen Standorten.</p>
<p>Gefährdete Pflanzen die potenziell in dem zu entwickelnden Grünland wachsen können:</p> <p><u>Europa:</u> Keine FFH-Arten</p> <p><u>Deutschland:</u> Nach KORNECK et al. (1996.) sind dies auf Bundesebene z.B.:</p>	<p>Gefährdete Pflanzen die potenziell in dem zu entwickelnden Grünland wachsen können:</p> <p><u>Europa:</u> Keine FFH-Arten</p> <p><u>Deutschland:</u> Nach KORNECK et al. (1996.) sind dies auf Bundesebene z.B.:</p>	<p>Gefährdete Pflanzen die potenziell in dem zu entwickelnden Grünland wachsen können:</p> <p><u>Europa:</u> Keine FFH-Arten</p> <p><u>Deutschland:</u> Nach KORNECK et al. (1996.) sind dies auf Bundesebene z.B.:</p>

<p>keine</p> <p><u>Niedersachsen:</u> Gefährdete Sippen in Niedersachsen sind inkl. Vorwarnliste (GARVE 2004): <i>Rhamnus carthartica, Ulex europaeus</i></p> <p>Bemerkung: in den Riedern, Röhrichten und Staudenfluren können sich jedoch gefährdete Arten etablieren.</p>	<p>keine</p> <p><u>Niedersachsen:</u> Gefährdete Sippen in Niedersachsen sind inkl. Vorwarnliste (GARVE 2004): <i>Rhamnus carthartica, Ulex europaeus</i></p> <p>Bemerkung: in den Riedern, Röhrichten und Staudenfluren können sich jedoch gefährdete Arten etablieren</p>	<p>keine</p> <p><u>Niedersachsen:</u> Gefährdete Sippen in Niedersachsen sind inkl. Vorwarnliste (GARVE 2004): <i>keine</i></p> <p>Bemerkung: in den Riedern, Röhrichten und Staudenfluren können sich jedoch gefährdete Arten etablieren</p>
<p>Biotope/Lebensraumtypen:</p> <p><u>Deutschland</u> Nach der Standardbiotoptypenliste [RIECKEN et al. 2003]: für Deutschland mit Gefährdungsangaben [Riecken et al. 1994] gehören hierzu:</p> <p>Gebüsche mit vorwiegend autochthonen Arten (Code 41.01) wie</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gebüsche nasser bis feuchter mineralischer Standorte außerhalb von Auen (Code 41.01.01) Schutzstatus: 3 Gefährdung: S • Gebüsche frischer Standorte (Code 41.01.04, teilweise § 30 BNatSchG) Schutzstatus: * Gefährdung: S • Gebüsche trocken-warmer Standorte (Code 41.01.05, § 30 BNatSchG), Schutzstatus: 3 Gefährdung: S • Gebüsche stickstoffreicher, ruderaler Standorte (Code 41.01.06) Schutzstatus: * Gefährdung: S <p><u>Europa - FFH-Lebensraumtyp</u> Nach Ssymank et al. (1998), Riecken et al. (2003) gehören hierzu:</p>	<p>Biotope / Lebensraumtypen:</p> <p><u>Deutschland</u> Nach der Standardbiotoptypenliste [RIECKEN et al. 2003]: für Deutschland mit Gefährdungsangaben [Riecken et al. 1994] gehören hierzu:</p> <p>Gebüsche mit vorwiegend autochthonen Arten (Code 41.01) wie</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gebüsche nasser bis feuchter mineralischer Standorte außerhalb von Auen (Code 41.01.01) Schutzstatus: 3 Gefährdung: S • Gebüsche frischer Standorte (Code 41.01.04, teilweise § 30 BNatSchG) Schutzstatus: * Gefährdung: S • Gebüsche trocken-warmer Standorte (Code 41.01.05, § 30 BNatSchG), Schutzstatus: 3 Gefährdung: S • Gebüsche stickstoffreicher, ruderaler Standorte (Code 41.01.06) Schutzstatus: * Gefährdung: S <p><u>Europa - FFH-Lebensraumtyp</u> Nach Ssymank et al. (1998), Riecken et al. (2003) gehören hierzu:</p>	<p>Biotope / Lebensraumtypen:</p> <p><u>Deutschland</u> Nach der Standardbiotoptypenliste [RIECKEN et al. 2003]: für Deutschland mit Gefährdungsangaben [Riecken et al. 1994] gehören hierzu:</p> <p>Gebüsche mit vorwiegend autochthonen Arten (Code 41.01) wie</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gebüsche nasser bis feuchter mineralischer Standorte außerhalb von Auen (Code 41.01.01) Schutzstatus: 3 Gefährdung: S • Gebüsche frischer Standorte (Code 41.01.04, teilweise § 30 BNatSchG) Schutzstatus: * Gefährdung: S • Gebüsche stickstoffreicher, ruderaler Standorte (Code 41.01.06) Schutzstatus: * Gefährdung: S <p><u>Europa - FFH-Lebensraumtyp</u> Nach Ssymank et al. (1998), Riecken et al. (2003) gehören hierzu:</p>

<p>Keine FFH-Lebensraumtypen in der zu erwartenden Ausprägung</p> <p><u>Niedersachsen</u> (V. DRACHENFELS 1996):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sonstiges Weiden-Ufergebüsch (BAZ) Schutzstatus: (§) Gefährdung: S • Feuchtes Weidengebüsch nährstoffreicher Standorte (BFR). Schutzstatus: - Gefährdung: 3(d) • Feuchtes Weiden-Faulbaumgebüsch nährstoffarmer Standorte (BFA):. Schutzstatus: - Gefährdung: 3(d) • [Laubgebüsche trockenwarmer Kalkstandorte (BTK) auf Kalk-, Dolomit-, Mergel- und Gipsböden] Schutzstatus: § Gefährdung: 3 • [Laubgebüsche auf trockenwarmen Sand-/Silikatstandorten (BTS)] Schutzstatus: § Gefährdung: 2 • Mesophile Gebüsche (BM): Nach v. DRACHENFELS (2004:77) Schutzstatus: - Gefährdung: 3 • Ruderalgebüsch (BRU): Schutzstatus: - Gefährdung: S • Sonstiges Sukzessionsgebüsch (BRS): Schutzstatus: - Gefährdung: S 	<p>Keine FFH-Lebensraumtypen in der zu erwartenden Ausprägung</p> <p><u>Niedersachsen</u> (V. DRACHENFELS 1996):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sonstiges Weiden-Ufergebüsch (BAZ) Schutzstatus: (§) Gefährdung: S • Feuchtes Weidengebüsch nährstoffreicher Standorte (BFR). Schutzstatus: - Gefährdung: 3(d) • Feuchtes Weiden-Faulbaumgebüsch nährstoffarmer Standorte (BFA):. Schutzstatus: - Gefährdung: 3(d) • [Laubgebüsche auf trockenwarmen Sand-/Silikatstandorten (BTS)] Schutzstatus: § Gefährdung: 2 • Mesophile Gebüsche (BM): Nach v. DRACHENFELS (2004:77) Schutzstatus: - Gefährdung: 3 • Ruderalgebüsch (BRU):. Schutzstatus: - Gefährdung: S • Sonstiges Sukzessionsgebüsch (BRS): Schutzstatus: - Gefährdung: S 	<p>Keine FFH-Lebensraumtypen in der zu erwartenden Ausprägung</p> <p><u>Niedersachsen</u> (V. DRACHENFELS 1996):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ruderalgebüsch (BRU). Schutzstatus: - Gefährdung: S • Sonstiges Sukzessionsgebüsch (BRS): Schutzstatus: - Gefährdung: S • Sonstiger Gehölzbestand / Gehölzpflanzung (HP) Schutzstatus: - Gefährdung: -
<p>Wert für den Naturschutz:</p> <p>Sehr hohe bis hohe Bedeutung</p>	<p>Wert für den Naturschutz:</p> <p>hohe Bedeutung mit durch Nutzung eingeschränkter sehr hohen Bedeutung</p>	<p>Wert für den Naturschutz:</p> <p>mittlere Bedeutung mit durch Nutzung eingeschränkter hohen Bedeutung</p>

Resümee

Der Grundwert der potenziell auf Deponien in Deutschland etablierbaren Biotop-/Lebensraumtypen und ihrer Bestandsbildner kann von ihrem Gefährdungsgrad bzw. Schutzstatus abgeleitet werden. Eine weitergehendere Wertbestimmung für die jeweiligen Deponiestandorte muß nur über Einzelfallbetrachtungen erfolgen, in die regionalspezifisch außerdem Naturnähe, standort- oder naturraumtypische Ausprägung und biotopcharakteristische Artenzusammensetzung sowie Leitbildkonformität einfließen.

In Abhängigkeit von Exposition, Substrat und vor allem Bewirtschaftungsvariante ergeben sich nachstehende Grund-Bewertungen der Tabelle 22.

Tabelle 22: Übersicht der Grundbewertung/-bedeutung der Vegetationseinheiten für den Naturschutz

herausragende Bedeutung	+++++
sehr hohe Bedeutung für den Biotopschutz	++++
hohe Bedeutung für den Biotopschutz	+++
mittlere Bedeutung für den Biotopschutz	++
Grundbedeutung für den Biotopschutz	+

Vegetation	Bewirtschaftungsvariante		
	Variante I	Variante II	Variante III
Grünland	Sehr hohe bis herausragende Bedeutung	Sehr hohe bis hohe Bedeutung, potenziell herausragende Bedeutung möglich	Grundbedeutung bis mittlere Bedeutung je nach Nutzungsintensität
	++++(+)	+++(+)	++
Halbruderale Gras- und Staudenfluren	hohe Bedeutung mit Tendenz zur sehr hohen	hohe Bedeutung	mittlere bis hohe Bedeutung
	+++(+)	+++	++(+)
Landröhrichte, Sümpfe und feuchten bis nassen Staudenfluren (Mischbestände)	hohe bis sehr hohe Bedeutung	hohe bis sehr hohe Bedeutung	(eingeschränkt sehr hohe Bedeutung durch Nutzungsintensität) hohe Bedeutung
	++++(+)	++++	+++(+)
Bäume-/ Forst / Pionierwälder	mittlere Bedeutung mit Tendenz zur hohen bei Strukturvielfalt und entsprechender Begleitflora	mittlere Bedeutung	Grundbedeutung bis mittlere Bedeutung
	++(+)	++	+
Gebüsche	Sehr hohe bis hohe Bedeutung	hohe Bedeutung mit durch Nutzung eingeschränkter sehr hohen Bedeutung	mittlere Bedeutung mit durch Nutzung eingeschränkter hohen Bedeutung
	++++	+++(+)	++(+)

9.1.7 Wert für den Tierartenschutz

Grundlage für die nachfolgenden Einschätzungen und Bewertungen aus Sicht des Tierartenschutzes sind Informationen und Daten aus den Kapitel 7.1, 9, 10.1 und 11.1.1 zu deponietechnischen Vorgaben, der Art der Energiepflanzen und den Bewirtschaftungsweisen sowie zu den daraus resultierenden Biotop- und Lebensraumtypen tierökologisch relevanten Strukturparametern.

Die Große Anzahl unterschiedlicher, häufig sehr artenreicher Tiergruppen und deren regional differenzierten Vorkommen in Deutschland macht es insgesamt und insbesondere im Rahmen dieser Machbarkeitstudie unmöglich, die Fauna in ihrer Gesamtheit zu betrachten. Die folgende Bewertung kann daher in der Regel nur (naturräumlich) sektoral und beispielhaft an ausgewählten Taxa und Arten erfolgen, die allerdings ein hohes Indikationspotenzial für eine naturschutzfachliche Bewertung haben müssen. Sie erfolgt nicht auf Basis von wissenschaftlichen Analysen und statistischen Auswertungen durchgeführter Freilandhebungen, sondern ist vorwiegend auf Literaturquellen und dem Expertenwissen der an der Machbarkeitsstudie beteiligten Autoren gegründet.

Werte für den Tierartenschutz

Wird der Anbau von Biomasse zur Energiegewinnung unter Naturschutzaspekten betrieben, führt dies in Abhängigkeit von den eingesetzten Pflanzenarten, ihrer Anbauweise, der Bewirtschaftungsintensität und Erntemethodik zu einem unterschiedlichen qualitativ abgestuften Benefit für den Tierartenschutz.

Gefördert werden können sowohl die Artenvielfalt bestimmter Tiergruppen insgesamt als auch Einzelarten (z.B. Leitarten), die für den Naturschutz als wertvoll oder wertgebend gelten. Dies sind auf der Ebene der in dieser Machbarkeitsstudie nur möglichen Grundbewertung (s. Kap. 10.1.1 unter Arten- und Lebensgemeinschaften) spezialisierte Arten mit hohen Ansprüchen, gefährdete Spezies sowie gesetzlich besonders geschützte Arten (nach Bundesartenschutzverordnung, FFH-Richtlinie u.a.).

Für Deponiestandorte, auf denen die hier betrachteten Nachnutzungsformen umgesetzt werden sollen, muß die Grundbewertung durch eine raumspezifische Einzelfallbetrachtung überprüft und ergänzt werden. Zusätzlich sollten dann weitere Kriterien wie das Vorkommen von seltenen Arten, die für die entsprechenden Regionen lebensraumtypisch bzw. leitbildkonform sind, arealkundliche Besonderheiten, Vollständigkeit des lebensraumtypischen Artenspektrums und bestandsgrößen einbezogen werden (vgl. PLACHTER et al. 2002)

Entwicklungsfähige Tiergruppen in Abhängigkeit von den Energiepflanzen

Mit dem Anbau der aus der Sicht des Naturschutzes möglichen Energiepflanzen können unter anderem für die in Tabelle 26 gelisteten Tiergruppen Lebensräume geschaffen werden.

Tabelle 23: Auswahl von Tiergruppen, die in Abhängigkeit von der Art der Energiepflanze potenziell gefördert werden können

Grünland	Halbruderale Gras- und Staudenfluren	Landröhrichte und feuchte bis nasse Staudenfluren	Gehölze/Gebüsche
Vögel, Heuschrecken, Käfer (Laufkäfer) Spinnen.	Vögel, Heuschrecken, Käfer (Laufkäfer, Blattkäfer, Rüsselkäfer) Spinnen.	Vögel, Amphibien, Heuschrecken, Nachtfalter (Eulenfalter), Käfer (Blattkäfer, Marienkäfer), Spinnen, Zikaden.	Vögel, Nachtfalter, Käfer (Blattkäfer), Hautflügler, (Blattwespen) Spinnen.

Naturschutzfachliche Bewertung der Anbau- und Bewirtschaftungsvarianten

Grundsätzlich sind bei Betrachtung der in Kap. 10.1 beschriebenen Anbau- und Bewirtschaftungsvarianten unabhängig von den Energiepflanzenarten folgende Zustände für den Tierartenschutz erreichbar.

Variante I:

Lebensraum oder Teillebensraum, z. B. Winterquartier, Nistplatz, einer **artenreichen** Zönose, bestehend aus Arten diverser Tiergruppen darunter **viele anspruchsvolle**, gefährdete Arten in reichstrukturierten Biotopen.

Variante II:

Lebensraum oder Teillebensraum, z. B. Winterquartier, Nistplatz, einer **mäßig artenreichen** Zönose, bestehend aus Arten diverser Tiergruppen darunter **vielfach zwar verbreitete, jedoch gefährdete anspruchsvolle** Arten in gut strukturierten Biotopen.

Variante III:

Lebensraum oder Teillebensraum, z. B. Winterquartier, Nistplatz, einer in einigen Tiergruppen (z.B. Laufkäfer) artenreichen, ansonsten eher **artenarmen** Zönose; **verbreitete Arten ohne besondere Ansprüche**, in der Regel **nicht gefährdet in gering strukturierten Biotopen**.

Tabelle Anhang 2 zeigt eine allgemeine Bewertung aus Sicht des Tierartenschutzes differenziert nach Energiepflanzen und Bewirtschaftungsvarianten.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die Bewirtschaftungsvariante I und mit Einschränkungen auch die Variante II mit Maßnahmen verbunden sind, die verstärkt zum Schutz spe-

zialisierter, seltenerer und gefährdeter Arten beitragen. Mit diesen Anbauweisen ist es also möglich, z.B. über Zielarten³ aktives Tierarten-Management zu betreiben.

In der Anbauvariante III werden dagegen keine naturschutzfachlich wertgebenden Arten auftreten, wohl aber solche, die im Sinne von Leitarten⁴ eine klare Präferenz für den jeweiligen Lebensraum- bzw. Biototyp besitzen, der durch den Anbau der jeweiligen Energiepflanzen impliziert wird. Hat diese intensivste Form des Anbaus von Energiepflanzen naturschutzfachlich zwar die geringste Wertigkeit, so bleibt doch festzustellen, dass diese Art der Bewirtschaftung allein aufgrund des „Verbotes“ von Pestiziden eine höhere Bedeutung für den Tierartenschutz hat als der Anbau von Energiepflanzen unter Einsatz von Pflanzenschutzmitteln.

In der Einzelbetrachtung der unterschiedlichen Energiepflanzen unter Berücksichtigung der drei Anbauvarianten ergeben sich geringfügige Modifikationen von dieser grundlegenden Einschätzung, die der Tabelle A 2 im Anhang zu entnehmen sind.

Grundsätzlich gilt, dass das Auftreten der Zönosen oder einzelner Arten mit den Lebensraumbedingungen der Umgebung eng korreliert ist. Sind die Habitatqualitäten dort hoch, wird das Potenzial an wertgebenden Faunengemeinschaften bzw. Einzelarten entsprechend sein. Die Wahrscheinlichkeit, dass die Tiere relativ zeitnah in neu geschaffene Biotope einwandern, ist relativ groß. Liegen die Deponien dagegen isoliert von naturschutzfachlich wertvollen Landschaftsraumes z.B. in einer intensiv genutzten Agrarlandschaft, werden die Besiedlungsprozesse in Abhängigkeit von der Mobilität der Organismen erst verzögert oder gar nicht einsetzen (JEDICKE 1990, KUHN ET AL. 1998, AMLER et al. 1999). Das gilt insbesondere für das Artenspektrum, dass für die Anbauvarianten I und II postuliert wird.

Ziel- und Leitarten beim Anbau von Energiepflanzen

Naturschutzfachliche Planungs- und Bewertungsinstrumente müssen sich in der Praxis in einem Spannungsfeld verschiedener Anforderungen bewähren. Eines dieser Instrumente sind Tierarten als Indikatoren, anhand derer die Vielzahl von Elementen in ökologischen Systemen und den zwischen ihnen bestehenden Beziehungen einer vereinfachenden Bewertung zugeführt werden können. Für die naturschutzfachliche Bewertung aus Sicht des Tierartenschutzes werden Ziel- und Leitarten benannt, bei denen aus den Beschreibungen ihrer Lebensräume und deren Nutzungsintensität und –art hervorgeht, dass ein Vorkommen in den beim Anbau von Energiepflanzen entstehenden Habitaten schließen lässt.

Daraus folgt, dass die Arten an dem jeweiligen Lebensraum und der beschriebenen Nutzung angepasst sein müssen. Weiter noch: Ihre Anpassung muss so weit gehen, dass sie gerade für das betrachtete ökologische System kennzeichnend sind. Sie müssen hier ihren Vor-

³ Zielarten sind planerisch ausgewählte Arten, die das prioritäre Ziel von Schutz-, Pflege- und Entwicklungsmaßnahmen darstellen. Die Maßnahmen werden vorrangig auf ihre artspezifischen Lebensraumsprüche ausgerichtet. (Definition nach PLACHTER et al. 2002)

⁴ Leitarten sind Arten, die in einem oder wenigen Lebensräumen signifikant höhere Stetigkeiten und oft auch höhere Abundanzen erreichen als in anderen Lebensräumen (nach FLADE 1994). Sie weisen somit einen eindeutigen Vorkommenschwerpunkt bzw. eine klare Präferenz für bestimmte Lebensräume auf. (Definition nach Plachter et al. 2002)

kommensschwerpunkt haben, denn nur dann ist gewährleistet, dass ihr Auftreten, aber auch ihr Fehlen Auskunft über den Systemzustand geben kann. Am besten gewährleistet ist dies für extensiv genutzte Lebensräume. Mit zunehmender Nutzung nimmt allgemein der Anteil eurypoter Arten an einer Zönose zu. Daraus bedingt war es zu intensiverer Nutzung erforderlich, auch Arten mit größerer ökologischer Amplitude zu benennen.

Da es sich bei der Machbarkeitsstudie um ein bundesweites Projekt handelt, wurde es überdies für unerlässlich gehalten, dass die genannten Arten in allen Regionen Deutschlands vorkommen. Zu einigen Tiergruppen, die potenzielle Zielarten enthalten, ist der Kenntnisstand zur Faunistik dieser Arten in Deutschland allerdings unzureichend. Hier musste ersatzweise aber wenigstens die berechnete Annahme bestehen, dass sie überall vorhanden sein dürften.

Natürlich war es unter den vorgegebenen Rahmenbedingungen nicht möglich, für jeden Lebensraum und der beschriebenen Nutzung einen kompletten Ziel- oder Leitartenartenkatalog aufzustellen. Vielmehr musste es darum gehen, sich bei der Zielartenauswahl auf bestimmte Tiergruppen zu beschränken.

Die nachfolgende Tabelle 24 zeigt eine Auswahl von potenziell vorkommenden Ziel- und Leitarten von den Lebensräumen, die durch den Anbau der einzelnen Energiepflanzen bzw. -gruppen unter der Anbauvariante I (naturschutzoptimiert) entstehen. Eine detaillierte Aufstellung, welche weiteren Ziel- bzw. Leitarten auch unter Berücksichtigung der Anbauvarianten II und III auftreten können, ist der Tabelle im Anhang A 2 zu entnehmen.

Tabelle 24: Allgemeine naturschutzfachliche Einschätzung und Auswahl von Leit- und Zielarten, die unter Betrachtung der Anbauvariante I (ausschließlich nach Naturschutzgesichtspunkten) der Energiepflanzen auftreten können. Aufgeführt sind nur Spezies, die zumindest in einem Bundesland in der entsprechenden Roten Liste vertreten sind. Arten der Roten Liste Deutschland sind fettgedruckt [BINOT et. al 1998].

Arten / Energiepflanze	Grünland	Staudenfluren	Röhrichte/Sümpfe	Gehölze/Gebüsche
Allgemeine Einschätzung	Lebensraum einer insgesamt wahrscheinlich artenreichen Zönose mit allerdings sicherlich nur wenigen stenotopen Arten, so dass es schwerfällt, geeignete Zielarten zu benennen; gefährdete Arten sicherlich nur in einzelnen Fällen.	Lebensraum einer artenreichen Zönose (z. B. Nachtschmetterlinge, Lauf-, Blatt- und Rüsselkäfer, Wildbienen); bestehend aus zwar verbreitet, aber stets nur in mehr oder weniger geringer Zahl vorkommenden Arten, unter denen sich gefährdete Arten mit besonderen Lebensraumansprüchen befinden; Zusammensetzung der Zönose bei einigen Tiergruppen stark ab-	Lebensraum oder Teillebensraum, z. B. Winterquartier, Nistplatz, einer artenreichen Zönose, bestehend aus Arten diverser Tiergruppen (z. B. Eulenfalter, Marienkäfer, Halm- und Minierfliegen, Zikaden, Spinnen), darunter viele anspruchsvolle, gefährdete Arten.	Nahrungsplatz anspruchsvoller und damit oftmals gefährdeter Arten, Wahrscheinlichkeit des Auftretens nimmt mit dem Alter der Pflanzenbestände zu, Zönose besteht aus Arten diverser Tiergruppen (z. B. Nachtschmetterlinge, Laufkäfer Blattwespen).

		hängig vom Futterpflanzenangebot (z. B. Nachtschmetterlinge)		
Vögel nach FLADE (1994) Arten der Frischwiesen, Ruderalflächen, Röhrichte, Weidenwälder und Pappelforste	Grauammer ⁵ (<i>Emberiza calandra</i>), Raubwürger (<i>Lanius excubitor</i>), Wachtel (<i>Coturnix coturnix</i>),	Grauammer (<i>Emberiza calandra</i>), Feldschwirl (<i>Locustella naevia</i>), Schwarzkehlchen (<i>Saxicola torquata</i>), Heidelerche (<i>Lullula arborea</i>), Neuntöter (<i>Lanius collurio</i>)	Wasserralle (<i>Rallus aquaticus</i>), Tüpfelralle (<i>Porzana porzana</i>) ⁶ , Teichralle (<i>Gallinula chloropus</i>), Kleinralle (<i>Porzana parva</i>), Rohrweihe (<i>Circus aeruginosus</i>), Drosselrohrsänger (<i>Acrocephalus arundinaceus</i>), Teichrohrsänger (<i>Acrocephalus scirpaceus</i>), Schilfrohrsänger (<i>Acrocephalus schoenobaenus</i>), Rohrschwirl (<i>Locustella luscinioides</i>), Bartmeise (<i>Panurus biarmicus</i>), Blaukehlchen (<i>Luscinia svecica</i>)	Beutelmeise (<i>Remiz pendulinus</i>), Kleinspecht (<i>Dendrocopos minor</i>), Schlagschwirl (<i>Locustella fluviatilis</i>), Nachtigall (<i>Luscinia megarhynchos</i>). Einschätzung gilt ausschließlich für Pappel- und Weidenbestände
Amphibien			Laubfrosch (<i>Hyla arborea</i>)	Laubfrosch (<i>Hyla arborea</i>)
Heuschrecken	Wiesengrashüpfer (<i>Chorthippus dorsatus</i>), Roesels Beißschrecke (<i>Metrioptera roeselii</i>) Säbeldornschrecke (<i>Tetrix subulata</i>)	Große Goldschrecke (<i>Chrysochraon dispar</i>)	Sumpfschrecke (<i>Stethophyma grossum</i>), Kurzflüglige Schwertschrecke (<i>Conocephalus dorsalis</i>), Große Goldschrecke (<i>Chrysochraon dispar</i>)	
Nachtfalter		<i>Actinotia polyodon</i> , <i>Catarhoe cuculata</i> , <i>Cucullia artemisiae</i> , <i>Cucullia chamomillae</i> , <i>Cucullia scrophulariae</i> , <i>Cucullia umbraticae</i> , <i>Cucullia verbasci</i> ,	<i>Archanara geminipuncta</i> , <i>Archanara sparganii</i> , <i>Coenobia rufa</i> , <i>Mythimna straminea</i> .	<i>Brachylomia viminalis</i> , <i>Cerura vinula</i> , <i>Clostera pigra</i> , <i>Furcula bifida</i> , <i>Notodonta tritophus</i> . Einschätzung gilt ausschließlich für Weidengehölze/-

⁵ Artnamen in Deutsch werden nur genannt, wenn Zuweisung eindeutig.

⁶ Arten mit größeren Raumanprüchen wie z.B. Tüpfel- oder Kleinralle können sich nur dann etablieren, wenn ihre potenziellen Lebensräume nicht nur auf die meist kleinen Flächen innerhalb der Deponien beschränkt sind, sondern sich auch großflächig an diese Standorte anschließen.

		<i>Emmelia trabealis</i> , <i>Eupithecia linariata</i> , <i>Eupithecia pimpinellata</i> , <i>Eupithecia venosata</i> , <i>Gortyna flavago</i> , <i>Hadena rivularis</i> , <i>Hecatera bicolorata</i> , <i>Heliophobus reticulata</i> , <i>Macdunnoughia confusa</i> , <i>Odezia atrata</i> , <i>Procris stictes</i> , <i>Tyta luctuosa</i> , <i>Zygaena filipendulae</i>		gebüsche.
Käfer	Laufkäfer: <i>Amara aulica</i> , <i>Pterostichus minor</i>	Laufkäfer: <i>Amara anthobia</i> , <i>Amara convexiuscula</i> , <i>Amara eurynota</i> , <i>Amara lucida</i> , <i>Amara spreata</i> , <i>Amara tibialis</i> , <i>Asaphidion pallipes</i> , <i>Bradycellus caucasicus</i> , <i>Calthus ambiguus</i> , <i>Demetrias monostigma</i> , <i>Harpalus luteicornis</i> , <i>Microlestes minutulus</i> , <i>Ophonus puncticeps</i> , <i>Paradromius linearis</i> Blattkäfer: <i>Cryptocephalus aureolus</i> , <i>Chrysolina hyperici</i> , <i>Cryptocephalus vittatus</i> , <i>Lema cyanella</i>	Laufkäfer: Eine Reihe von Arten, deren Bindung noch näher erforscht werden müsste (vgl. HANDKE & MENKE 1995)	Laufkäfer: <i>Amara ovata</i> , <i>Badister lacertus</i> , <i>Calodromius spilotus</i> , <i>Carabus nemoralis</i> , <i>Cychnus caraboides</i> , <i>Dromius agilis</i> , <i>Dromius quadrimaculatus</i> , <i>Harpalus laevipes</i> , <i>Leistus rufomarginatus</i> , <i>Philorhizus melanocephalus</i> .. Einschätzung gilt ausschließlich für Weidengehölze/gebüsche.
Hautflügler				Blattwespen: <i>Allantus togatus</i> , <i>Amauronematus viduatus</i> , <i>Nematus ferrugineus</i> , <i>Nematus hypoxanthus</i> , <i>Nematus melanaspis</i> , <i>Nematus miliaris</i> , <i>Nematus salicis</i> , <i>Pontania versicator</i> , <i>Pristiphora conjugata</i> . Einschätzung gilt ausschließlich für

				Weidengehölze/-gebüsch.
Spinnen			<i>Baryphyma pratense</i> , <i>Dona-cochara speciosa</i>	
Zikaden			<i>Kelisia guttulata</i> , <i>Kelisia pallidula</i>	

9.2 Bewertung der Umweltwirkung

9.2.1 Methode

Die verschiedenen Nutzungsvarianten zur energetischen Nutzung von Biomasse auf Deponiestandorten haben in Abhängigkeit von den Betriebsmittelaufwendungen und den Bewirtschaftungsmaßnahmen unterschiedliche Auswirkungen auf die Umwelt. Diese Umweltauswirkungen können über eine Stoffstromanalyse bewertet werden.

In der Stoffstromanalyse werden die Stoff- und Energieströme bilanziert, die für die Bereitstellung der Bioenergieträger erforderlich sind. Die Stoffströme werden verschiedenen Wirkungskategorien zugeordnet und die resultierenden Umweltwirkungen anhand ausgewählter Kennwerte untersucht. Für die Stoffstromanalyse ist es erforderlich, eine feste Einheit zu definieren, zu der alle entstehenden Stoffströme in Bezug gesetzt werden. Außerdem sind einheitliche Systemgrenzen für alle Varianten festzulegen.

Die *Bezugsgröße* für die Stoffstromanalyse ist in dieser Studie die durch die Biomasse auf einer Fläche von 1 ha bereitgestellte Energiemenge, d.h. alle Stoff- und Energieströme werden auf 1 Gigajoule (GJ) des unteren Heizwerts bezogen.

Die *Systemgrenzen* umfassen sämtliche Prozesse, die für die Bereitstellung der Biomasse ab Deponie notwendig sind. Das bedeutet, dass die Betriebsmittel und das Pflanz- bzw. Saatgut inklusive der vorgelagerten Prozesse sowie die Emissionen erfasst werden, die mit der Bewirtschaftung einhergehen. Als zu betrachteten Zeitraum werden 20 Jahre angesetzt.

Für die Bewertung werden in dieser Studie der Kumulierte Energieaufwand, das Treibhaus- und das Versauerungspotenzial als Kennwerte ausgewählt. Hierbei handelt es sich um Indikatoren, die neben anderen bei der Wirkungsabschätzung in Ökobilanzen herangezogen werden und nach [UBA 1995] eine sehr große bis mittlere ökologische Bedeutung besitzen. Im Folgenden werden diese drei Kennwerte kurz beschrieben:

Der *Kumulierte Energieaufwand* (KEA) gibt Auskunft über den Aufwand an Primärenergie, der für ein Produktsystem benötigt wird und lässt sich in Abhängigkeit von der Art der Energiequelle differenzieren. In dieser Studie wird der Fokus auf den Aufwand an fossiler Primärenergie (KEA_{fossil}) gelegt.

Die Erwärmung des globalen Klimas wird durch treibhausrelevante Schadstoffe verursacht, deren Klimawirksamkeit über CO_2 -Äquivalente beschrieben werden (Tabelle 25). Das *Treibhauspotenzial* wird durch Summenbildung aus dem Produkt der emittierten Menge der einzelnen Schadstoffe mit dem jeweiligen CO_2 -Äquivalent ermittelt.

Tabelle 25: Treibhauspotenzial verschiedener Treibhausgase

Treibhausgas	CO ₂ -Äquivalente in kg CO ₂ -Äq./kg
Kohlendioxid	1
Methan, fossil	21
Methan, regenerativ	18,25
Distickstoffmonoxid	310

Säurebildende Abgase führen zu Versauerungseffekten in terrestrischen und aquatischen Systemen. Die Darstellung des Säurebildungspotenzials einzelner Schadstoffe erfolgt über die Umrechnung in SO₂-Äquivalente (Tabelle 26). Wird die Summe aus den Produkten der emittierten Schadstoffmenge und dem jeweiligen SO₂-Äquivalent gebildet, ergibt sich das Versauerungspotenzial.

Tabelle 26: Versauerungspotenzial verschiedener Schadstoffe

Schadstoff	SO ₂ -Äquivalente in kg SO ₂ -Äq./kg
Schwefeldioxid	1
Stickoxide	0,7
Chlorwasserstoff	0,88
Ammoniak	1,88

9.2.2 Vorgehensweise

Die ökologische Bewertung des Anbaus von Biomasse auf Deponieflächen erfolgt nicht für sämtliche möglichen und zuvor beschriebenen Varianten. Für die Durchführung der Stoffstromanalyse wird in dieser Studie jeweils ein Stellvertreter einer Vegetationskategorie (Grünland, Landröhricht, Staudenfluren etc.) ausgewählt und für diesen eine mögliche Variante des Anbaus näher betrachtet. Um den Fall mit den höchsten Aufwendungen zu erfassen, wird die Variante ausgesucht, die die gezielte Etablierung der Kultur und Pflegemaßnahmen (Düngung) sowie eine maximale Ausnutzung des Biomasseertrags zulässt, wobei der Übergang zur Variante II nicht immer exakt zu bestimmen ist.

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick zu den in dieser Studie betrachteten Kategorien der Energiepflanzen und deren untersuchten Stellvertretern. Aufgrund der mangelnden Datenlage wird für den Anbau schnellwachsender Sträucher die Annahmen für die der schnellwachsenden Baumarten übernommen, da erwartet wird, dass sich die Bewirtschaftung nicht sehr unterscheiden wird.

Tabelle 27: Stellvertreter der Energiepflanzenkategorien

Vegetation	Stellvertreter
Schnellwachsende Baumarten und Sträucher	Pappel
Grünland	Mischung mehrjähriger Gräser
Halbruderale Gras- und Staudenfluren	Nesseln
Landröhrichte, Sümpfe, Rieder	Rohrglanzgras

Bis auf die Landröhrichte, Sümpfe und Rieder kann der Anbau der übrigen Pflanzen sowohl auf den relativ ebenen Flächen als auch im Hangbereich der Deponie erfolgen. Die Produktion von Röhrichten etc. wird auf Flächen am Grabensystem der Deponie beschränkt.

Als Datengrundlage werden u.a. bestehende Studien herangezogen, in denen für die Produktion und die energetische Verwertung von Biomasse Stoffstromanalysen durchgeführt worden sind [FRITSCHKE ET AL. 2004], [REINHARDT UND KALTSCHMITT 1997], [REINHARDT UND ZEMANEK 2000, HARTMANN UND KALTSCHMITT 2002]. Diese Studien liefern u.a. eine Beschreibung der Lebenswege von biogenen Energieträgern und Bilanzdaten zu Emissionen und Aufwendungen für die Produktion von Biomasse.

Verschiedene Besonderheiten des Deponiestandortes erfordern jedoch eine Anpassung der in den oben genannten Studien beschriebenen Lebenswege. Der Deponiestandort weist in der Regel eine Hangneigung um 30 % auf, die eine Anpassung der Bewirtschaftungsmaßnahmen bezüglich der Arbeitszeit erforderlich macht. Auf der Deponiefläche stehen zudem relativ kleine Schläge für den Anbau von Biomasse zur Verfügung, so dass auch dieser Umstand bei der Ermittlung der Zeiten für die einzelnen Arbeitsprozesse berücksichtigt werden muss. Die Zuschlagswerte, die sich für die Arbeit am Hang und für kleine Parzellengrößen ergeben, werden aus Kalkulationsdaten für die Landwirtschaft und der Landschaftspflege abgeleitet [KTBL 2002], [LFU 1998].

Des Weiteren handelt es sich bei den in der Machbarkeitsstudie ausgewählten Repräsentanten der Vegetationskategorien in der Regel nicht um die in der Literatur beschriebenen Energiepflanzen. Bei der gezielten Biomasseproduktion werden z.B. Hybriden und Hochleistungssorten gewählt, so dass für diese Studie bei den in der Literatur angegebenen Spannbreiten die niedrigeren Ertragswerte angenommen werden. Ein weiterer Grund für die Annahme von einer relativ niedrigen Biomasseproduktion liegt darin, dass es sich bei der Re-kultivierungsschicht nicht um einen gewachsenen Boden handelt und somit nicht mit den Qualitäten eines Ackerbodens vergleichbar ist.

Eine weitere Besonderheit des Deponiestandortes ist, dass den Deponien in den überwiegendsten Fällen Kompostieranlagen für Bio- und Grüngutabfälle angeschlossen sind. Für die Deponiebetreiber ist somit Kompost kostengünstig verfügbar. Aus diesem Grund kann davon ausgegangen werden, dass bei Düngemittelbedarf Kompost genutzt wird. Bei dem Einsatz von Kompost als Düngemittel ist jedoch zu beachten, dass die Schwermetallhöchstwerte gemäß der Bioabfallverordnung nicht überschritten werden. Außerdem sollten maximal zwei Drittel des Stickstoffbedarfs über Kompostgaben gedeckt werden, um das Risiko des Nährstoffaustrags zu minimieren [LWK HANNOVER 2003]. Eine Übersicht zu den Nährstoffmengen in Fertigm compost ist in Tabelle 28 aufgeführt.

Die Lebenswege der ausgewählten Stellvertreter werden in Kapitel 9.2 beschrieben.

Tabelle 28: Nährstoffgehalte von Fertigungskompost [LWK HANNOVER 2003]

Nährstoff in der Frischmasse		[kg/t]	[kg/m³]
Stickstoff	N _{ges}	8,5	6,2
	N _{lösl}	0,16	0,12
Phosphor	P ₂ O ₅ _{ges}	4,2	3
Kalium	K ₂ O _{ges}	6,3	4,6
Magnesium	MgO _{ges}	2,9	2,1
basisch wirksame Bestandteile	CaO	17,2	12,4
organische Substanz	Glühverlust	240	165

Die Modellierung der Lebenswege und die Berechnung der Umweltwirkungen werden mit dem Softwaretool Umberto® 4.3 durchgeführt. In Umberto® können mit Hilfe von Stoffstromnetzen die innerhalb eines festgesetzten Untersuchungszeitraumes ein- und ausgehenden Stoff- und Energieflüsse sowie monetäre Flüsse visualisiert, quantitativ bestimmt und rechnerisch miteinander verknüpft werden [IFU UND IFEU 2004]. Abbildung 6 zeigt ein Beispiel für ein in Umberto erstelltes Stoffstromnetz.

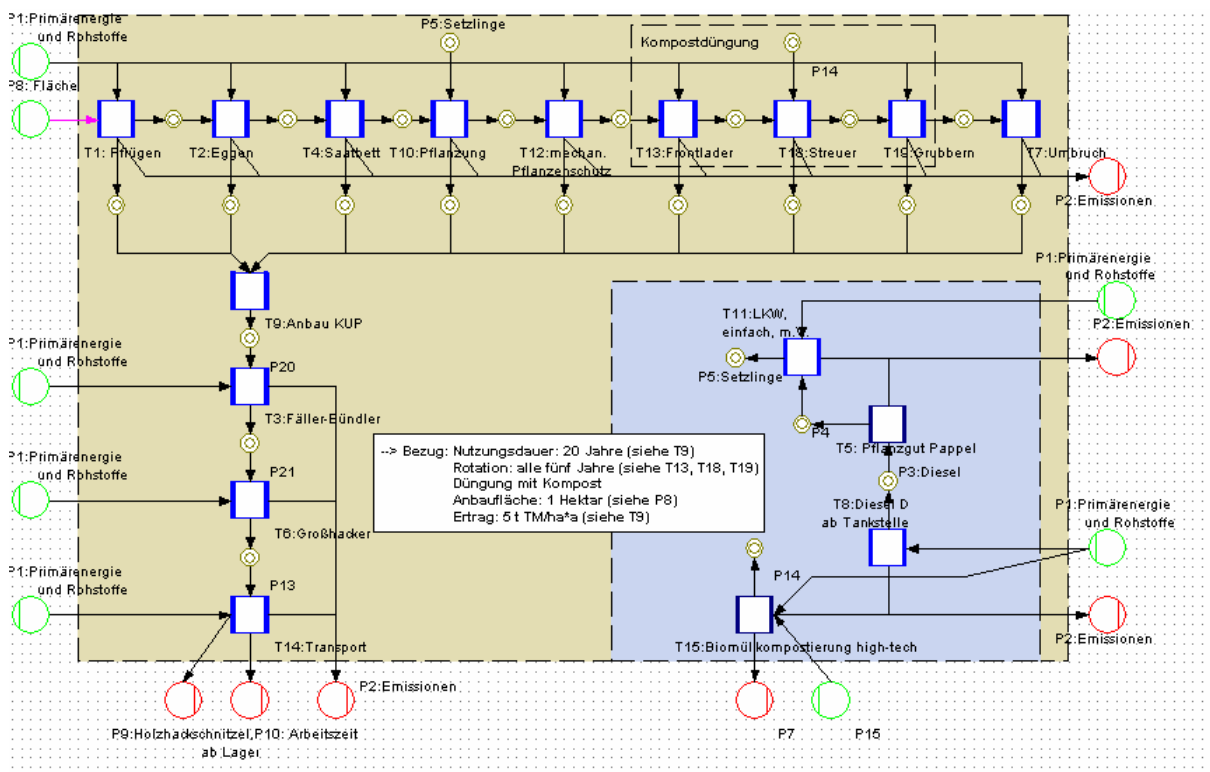


Abbildung 6: Beispielhaftes Stoffstromnetz für den Anbau von Pappeln in Umberto®

9.2.3 Beschreibung der Lebenswege

In diesem Kapitel werden die Lebenswege der Stellvertreter für die verschiedenen Nutzungsvarianten bis zur Bereitstellung der Biomasse ab Deponie beschrieben. Die Lebenswege beinhalten die Arbeitsverfahren und den Aufwand an Betriebsmitteln, die für die Bewirtschaftung der Fläche erforderlich sind. Die Aufwendungen und Emissionen der Betriebsmittel, z.B. Saatgut und Treibstoff, werden in die Analyse mit einbezogen. Zu diesen Vorketten sind Bilanzdaten in der Literatur und in der Bibliothek von Umberto® zu finden [IFU UND IFEU 2004].

Das Auftragen der Rekultivierungsschicht wird nicht in die Bilanz einbezogen, da es sich hierbei um einen Prozess handelt, der nicht dem Anbau der Biomasse sondern der Deponienachsorge anzurechnen ist.

9.2.3.1 Schnellwachsende Hölzer

Als Stellvertreter für die schnellwachsenden Baumarten wird die Aspe (*Populus tremula*) der Gattung Pappel (*Populus*) gewählt. Die in der Literatur beschriebenen Lebenswege gelten zwar in der Regel für Balsampappeln bzw. Pappelhybriden, werden sich jedoch nicht sehr für die Aspe unterscheiden.

Als Grundbodenbearbeitung wird der Boden einmalig nach Auftrag der Rekultivierungsschicht gepflügt und mit der Kreiselegge und der Saatbettkombination für die Pflanzung vorbereitet. Die Pflanzung der Pappeln erfolgt mit einer Forst-Pflanzmaschine. Im ersten Jahr sind aufgrund der schwachen Konkurrenzkraft der Pappeln Pflanzenschutzmaßnahmen notwendig. Diese erfolgen mechanisch mit dem Hackstriegel. Die Düngung mit Kompost erfolgt alle fünf Jahre nach der Ernte. Die aufzubringende Kompostmenge wird nach LWK HANNOVER (2003) berechnet und beträgt 15 t/ha alle fünf Jahre. SCHOLZ ET AL. (2004) fanden in Untersuchungen zu energetischen und ökologischen Aspekten der Feldholzproduktion heraus, dass der Ertrag weniger von der Düngergabe als vielmehr von Untersaat und Alter des Bestandes bestimmt wurde. Insofern wird eine weitere Zugabe von Stickstoff nicht weiter berücksichtigt. Durch das Aufbringen des Komposts kann nach BGK UND ZVG (2002) auf eine Kalkung verzichtet werden. Für die Ernte der produzierten Biomasse wird ein Fäller-Bündler eingesetzt. Das geerntete Holz wird am Feldrand abgelegt und für sechs Monate gelagert, so dass sich der Wassergehalt um 10 % reduziert. Mit einem Großhacker werden aus dem gelagerten Holz Hackschnitzel hergestellt und diese mit einem Schlepper zum Lagerplatz transportiert. Nach der Nutzungsdauer von 20 Jahren ist ein Umbruch der Fläche mit einer Forst-Scheibenfräse notwendig, wenn die Fläche für nachfolgende Nutzungsformen vorzubereiten und nicht einer weiteren sukzessiven Entwicklung zu überlassen ist.

Der Ertrag wird mit 5 t TM/ha festgesetzt [KALTSCHMITT UND REINHARDT 1997]. Hierbei handelt es sich um den angegebenen Niederertrag von Pappeln, da davon ausgegangen wird, dass die Aspe nicht die durchschnittlichen Erträge der Pappelhybriden aufweisen wird. So beobachtete UNSELD (1999) in den Versuchen zum Anbau von schnellwachsenden Baumarten auf Kippsubstraten, dass die Erträge der Aspe gegenüber anderen Baumarten (Korbweiden, Balsampappeln) geringer war und eine späte Kulmination des Biomassezuwachses erfolgte.

Der Heizwert beträgt nach FNR (2000) 18,4 MJ/kg.

9.2.3.2 Nutzungsvariante extensives Grünland

Bei der Nutzungsvariante Grünland wird von einem Anbau mehrjähriger Gräser, z.B. (Knaulgras (*Dactylis glomerata*), Rohrschwengel (*Festuca arundinacea*), Weidelgras (*Lolium perenne*, *Lolium multiflorum*), u.a.), ausgegangen.

Für das Anlegen extensiv genutzten Grünlands wird der Grundboden einmalig nach Auftrag der Rekultivierungsschicht durch Pflügen aufgelockert. Die Saatbettvorbereitung erfolgt mit der Saatbettkombination. Das Saatgut wird mit der Drillmaschine aufgebracht. Im Aussaatjahr werden einmalig 15 t/ha Kompost auf die Fläche aufgetragen. Hierdurch wird zwei Drittel des Stickstoffbedarfs und ein Drittel des Kalium- und Phosphorbedarfs gedeckt. Die Mahd erfolgt mit einem Doppelmessermähwerk. Das Mähgut wird zur Feldtrocknung zweimal gewendet und anschließend geschwadert, um den Feuchtegehalt auf 20 % zu reduzieren. Das Heu wird zu Rundballen verpresst und mit Plattformwagen zum Lager transportiert. Die Nutzungsdauer wird nach KALTSCHMITT UND HARTMANN (2001) mit drei Jahren angesetzt. Als jährlicher Ertrag an Trockenmasse werden nach KALTSCHMITT UND REINHARDT (1997) 3 t TM/(ha*a) mit einem Heizwert von 17,4 MJ/kg angenommen.

9.2.3.3 Nutzungsvariante Staudenfluren

Als Stellvertreter für die Staudenfluren wird die Fasernessel (*Urtica dioica* L.) gewählt. Für den Anbau von Fasernesseln sind nach Auftrag der Rekultivierungsschicht einmalig eine Herbstfurche und eine Saatbettbereitung im Frühjahr erforderlich. Die Nesseln werden in dieser Variante als Stecklinge mit einer Pflanzmaschine auf die Fläche ausgebracht. Im ersten Jahr erfolgt ein mechanischer Pflanzenschutz mit dem Hackstriegel, da die Bestände im Anpflanzjahr noch nicht geschlossen sind. Die Ernte wird ab dem zweiten Jahr im August mit einem Doppelmessermähwerk durchgeführt, wobei die Nesseln anschließend auf der Fläche durch zweimaliges Wenden getrocknet und im Schwad abgelegt werden [TLL 2002]. Im nächsten Schritt werden die Nesseln zu Rundballen gepresst und auf Plattformwagen zum Lager transportiert. Die Nesseln haben einen hohen Nährstoffbedarf, der nach MÜLLER-SÄMANN ET AL. (2003) mit 175 kg N/ha, 45 kg P₂O₅/ha und 165 kg K₂O kg/ha angegeben wird. Für die Düngung wird angenommen, dass sie über die Ausbringung von 25 t Kompost/ha im Anpflanzjahr und danach alle drei Jahre nach der Ernte durchgeführt wird. Der Bedarf an Phosphor ist durch diese Gabe gedeckt. Für Stickstoff und Kalium kann jedoch ein Mangel vorliegen, der durch die Aufbringung von Mineraldünger ausgeglichen werden könnte. Hierauf wird in dieser Studie verzichtet und ein eventuell geringerer Ertrag in Kauf genommen. Für den Ertrag der Nesseln werden nach CHRESTENSEN (2004) und SCHMIDTKE ET AL. (1998) 4 t TM/(ha*a) angenommen. Der untere Heizwert wird von dem des Faserhanfs abgeleitet und mit 17 MJ/kg_{atro} festgesetzt [FNR 2000].

9.2.3.4 Nutzungsvariante Landröhrichte und verwandte Bestände

Der Stellvertreter für die Landröhrichte ist Rohrglanzgras (*Phalaris arundinacea*).

Zur Vorbereitung für die Ansaat von Rohrglanzgras wird der Boden einmalig nach Auftrag der Rekultivierungsschicht gepflügt und mit einer Saatbettkombination bearbeitet. Die Aussaat von 25 kg Saatgut pro Hektar erfolgt im Frühjahr. Pflanzenschutzmaßnahmen sind nicht erforderlich. Im Jahr der Aussaat werden 25 t/ha Kompost auf die Fläche ausgebracht. Eine zusätzliche Düngung wird nicht angenommen, weil davon ausgegangen wird, dass das Oberflächenwasser, das im Grabensystem erfasst wird, mit Nährstoffen angereichert ist. Die Ernte des Rohrglanzgrases sollte am besten im Frühjahr erfolgen, wenn der Wassergehalt um die 15 % beträgt und die mineralischen Inhaltstoffe reduziert sind, auch wenn hiermit ein Verlust an Trockenmasse von 20-25 % einhergeht [KALTSCHMITT UND HARTMANN 2001]. Dieser Verlust wird bei dem angenommenen Trockenmassenertrag von 8 t/(ha*a) berücksichtigt. Aufgrund des geringen Wassergehaltes des Rohrglanzgrases bei der Mahd ist keine weitere Feldtrocknung erforderlich. Das Mähgut wird in Schwaden abgelegt und zu Rundballen gepresst, die mit Plattformwagen zum Lager transportiert werden. Zur Nutzungsdauer liegen noch wenige Erfahrungen vor [FNR 2000]. Nach KALTSCHMITT UND HARTMANN (2001) wird von einer zehnjährigen Anbaudauer ausgegangen und ein Heizwert von 16,4 MJ/kg angesetzt.

9.2.4 Ergebnisse

Die Stoffstromanalyse liefert für die betrachteten Stellvertreter-Varianten Ergebnisse zu den Kennwerten KEA_{fossil} , Treibhaus- und Versauerungspotenzial, die in Tabelle 33

Tabelle 29 zusammengestellt sind. Die Ergebnisse werden pro GJ_{out} Energieertrag (unterer Heizwert des Bioenergieträgers) und ergänzend pro Hektar und Jahr angegeben. Es sei noch einmal darauf hingewiesen, dass die Lebenswege der einzelnen Stellvertreter von der gezielten Etablierung bis zur Bereitstellung der Biomasse ab Deponie abgebildet worden sind. Nachfolgende Prozesse bezüglich des Transports zu Energieanlagen und der Umwandlung in Strom, Wärme oder Kraftstoffe sind nicht berücksichtigt.

Zum Vergleich sind die Kennwerte für leichtes Heizöl in der Tabelle aufgeführt. Aufgrund der fossilen Herkunft des Heizöls beinhaltet die Berechnung des $\text{KEA}_{\text{fossil}}$ den Heizwert des Energieträgers, so dass der Wert größer 1 ist. Die Daten für die Bereitstellung von leichtem Heizöl entstammen der Datenbank des Umweltbundesamtes Probas (Prozessorientierte Basisdaten für Umweltmanagement-Instrumente) [PROBAS 2004].

Tabelle 29: Bilanzergebnisse der Stoffstromanalyse für verschiedene Energiepflanzen

	KEA _{fossil}		Treibhauspotenzial		Versauerungspotenzial	
	GJ/GJ _{out}	GJ/(ha*a)	kgCO ₂ -Äq. GJ _{out}	kgCO ₂ -Äq. /(ha*a)	kgSO ₂ -Äq. /GJ _{out}	kgSO ₂ -Äq. /(ha*a)
Pappel	0,03	2,8	2,34	217	0,02	1,7
Grünland	0,06	2,8	4,2	206	0,03	1,6
Staudenfluren	0,04	2,8	3,2	210	0,02	1,6
Pappel- Hang	0,03	3	2,5	232	0,02	1,7
Grünland-Hang	0,07	3,2	4,9	238	0,04	1,9
Staudenfluren- Hang	0,05	3,3	3,8	247	0,03	1,9
Rohrglanzgras	0,02	2,6	1,4	187	0,01	1,4
Öl-leicht	1,16		13,9		0,09	

Die Ergebnisse zeigen zum einen, dass die Umweltwirkungen wie zu erwarten für die Hangbewirtschaftung größer sind als für die Bewirtschaftung auf der Ebene, da die längeren Arbeitszeiten bei den einzelnen Maßnahmen mit höheren Emissionen beim Maschineneinsatz verbunden sind. Für Grünland im Hangbereich ist z.B. der kumulierte Energieaufwand KE_{fossil} pro GJ_{out} um ca. 15 % höher als für den ebenen Plateau-Bereich.

Zum anderen wird durch die Ergebnisse deutlich, dass bezüglich des KEA_{fossil}, Treibhaus- und Versauerungspotentials die geringsten Umweltwirkungen bei der Bereitstellung von Rohrglanzgras besteht. Bezogen auf den Energieertrag von 1 GJ ergibt sich ein Wert für den KEA_{fossil} von 0,02 GJ, für das Treibhauspotenzial von 1,4 kg CO₂-Äquivalenten und für das Versauerungspotenzial von 0,01 kg SO₂-Äquivalenten. Nachfolgend ist die Produktion von Pappel auf Kurzumtriebsplantagen und anschließend die Energieträgerbereitstellung von Staudenfluren als günstig anzusehen. Grünland weist in den hier betrachteten Varianten die höchsten Werte für den KEA_{fossil} das Treibhaus- und das Versauerungspotenzial pro GJ Energieertrag auf.

Die unterschiedlichen Bilanzergebnisse für die Stellvertreter-Pflanzen sind durch zwei Punkte begründet: der zu erntende Energieertrag und die Intensität der Bewirtschaftungsmaßnahmen. Für Rohrglanzgras sind im Vergleich zu den anderen Stellvertretern weniger Arbeitsmaßnahmen erforderlich, so dass der KEA_{fossil}, das Treibhaus- und das Versauerungspotenzial pro Hektar und Jahr die niedrigsten Werte aufweisen. Der unterschiedliche Energieertrag der Stellvertreter zeigt sich in den Kennwerten, die pro GJ_{out} angegeben sind. So führen die relativ geringen Trockenmasse- bzw. Energieerträge zu hohen Kennwerten im Bereich Primärenergieverbrauch (KEA_{fossil}), Treibhauseffekt und Versauerung.

In Tabelle 30 werden die Varianten bezüglich der Wirkungen auf die Umwelt beurteilt. Die Beurteilung ist im Vergleich zur Bereitstellung von leichtem Heizöl für alle Varianten positiv.

Tabelle 30: Beurteilung der Umweltwirkungen für die Nutzungsvarianten

Vegetation	Bewirtschaftungsvariante
	Variante III
Grünland	++
Halbruderale Gras- und Staudenfluren	++(+)
Landröhrichte, Sümpfe und feuchten bis nassen Staudenfluren (Mischbestände)	++++
Schnellwachsende Baumarten	+++

Resümee:

Die Wirkungen auf die Umwelt sind für die Produktion von Biomasse zur energetischen Verwertung im Vergleich zu der Bereitstellung von fossilen Energieträgern für alle Varianten positiv zu beurteilen, wobei die Kategorien der Landröhrichte, der Staudenfluren und die der schnellwachsenden Baumarten besser als die Kategorie des Grünlands abschneiden.

10 Bewertung unter ökonomischen Aspekten**10.1 Kosten**

Die anfallenden Kosten für die Produktion und Ernte der Biomasse auf der Deponiefläche werden analog zu der Berechnung der Brennstoffkosten nach FNR (2000) berechnet. In einem ersten Schritt werden die Kosten für die einzelnen Bewirtschaftungsmaßnahmen und Betriebsmittel für die Bewirtschaftungsvariante III ermittelt. Da diese Kosten über einen Zeitraum von 20 Jahren anfallen, ist es in einem zweiten Schritt notwendig, eine Diskontierung auf das Jahr Null vorzunehmen, d.h., es wird der Gegenwartswert der zukünftigen Zahlungen ermittelt. Diese Gegenwartswerte werden wiederum addiert und mittels der Annuitätenmethode gleichmäßig auf die Nutzungsdauer von 20 Jahren verteilt. Entsprechend zu FNR (2000) wird ein Zinssatz von 8 % gewählt, der den KTBL-Berechnungen für landwirtschaftliche Investitionen entspricht [KTBL 2002].

Die Kosten, die bei den einzelnen Bewirtschaftungsmaßnahmen zur Produktion von Biomasse entstehen, werden von den Verrechnungssätzen für überbetriebliche Maschinenarbeit und der Kostendatei für Maßnahmen der Landschaftspflege abgeleitet. Als Datenquellen dienen Angaben von dem Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, dem Bayerischen Landesamt für Umweltschutz und dem Landesarbeitskreis überbetriebliche Maschinenverwendung-Hessen [KTBL 2002], [LAK 2002], [LfU 1998]. Die erforderlichen Maßnahmen für die einzelnen Nutzungsvarianten sind bereits in Kapitel 9.2.3 bei der Beschreibung der Lebenswege genannt worden, und sollen an dieser Stelle nicht weiter aufgeführt werden. In diesem Fall werden somit die Kosten ausgehend von der Anlage der Vegetation bis hin zur Ernte der Biomasse in die Kostenanalyse einbezogen. Würde davon ausgegangen werden, dass sich die Vegetation sukzessiv ansiedelt, würden sich die Kosten reduzieren, da die Etablierung der Vegetation entfallen würde.

Nach LAK (2002) sind Arbeiten für Kommunen, gewerbliche Betriebe und private Auftraggeber keine Arbeiten im Rahmen der überbetrieblichen Maschinenverwendung, so dass ein Zuschlag für Gemeinkosten, Risiko und Gewinn sowie für höhere Treibstoffkosten, Reparaturkosten und steuerliche Belastungen einberechnet werden müssen. Aus diesem Grund wird nach LAK (2002) pauschal ein Aufschlag von 45 % einberechnet. Des Weiteren können Größen wie z.B. Angebots- und Nachfragesituation, Einsatzumfang und Einsatzverhältnisse die Preise beeinflussen. Die Mehrwertsteuer ist in den hier aufgeführten Werten nicht enthalten. In diesen Berechnungen sind keine Fixkosten aufgeführt worden, da nur Daten für einen landwirtschaftlichen Betrieb verfügbar sind, die nicht auf einen Deponiebetrieb übertragen werden können. Ebenso sind verfügbare Rücklagen, die für die Nachnutzung der Deponie bestehen, nicht berücksichtigt worden.

In Tabelle 31 sind die Kosten für die Produktion von Biomasse auf einem Deponiestandort für verschiedene Energiepflanzenbestände bezüglich der Anbau- und Bewirtschaftungsvariante III zusammengestellt (s.a. Kapitel 8.3). Die Kosten werden in Anlage-, Pflege-, Ernte- und Bereitstellungskosten unterteilt. Die Anlagekosten umfassen die Vorbereitung der Fläche, die Aussaat- und die Saatgut- bzw. Pflanzgutkosten. Düngung und mechanischer Pflanzenschutz werden in den Pflegekosten zusammengefasst. Die Erntekosten beinhalten sowohl die Ernte der Biomasse als auch den Transport bis zur Lagerfläche. Die Summe über diese Kosten bilden die Bereitstellungskosten, die auf die Fläche, den Trockenmasse- und Energieertrag bezogen wird. Als Nutzungsvarianten werden Pappelanbau, Grünland und Staudenfluren im Plateau- und Hangbereich sowie der Anbau von Rohrglanzgras am Grabensystem der Deponie untersucht.

Tabelle 31: Kosten der Produktion von Biomasse für die verschiedenen Vegetationskategorien der Bewirtschaftungsvariante III

	Anlagekosten	Pflegekosten	Erntekosten	Bereitstellungskosten			
	€/((ha*a))	€/((ha*a))	€/((ha*a))	€/((ha*a))	€/t _{tro}	€/GJ	ct/kWh
Pappel	270	50	195	515	100	6,1	2,2
Grünland	115	90	255	460	160	9,4	3,4
Staudenfluren	625	130	330	1090	275	15,76	5,7
Pappel-Hang	290	55	205	550	110	6,5	2,3
Grünland-Hang	130	105	410	645	225	15,7	5,7
Staudenfluren-Hang	640	150	410	1200	300	17,6	6,4
Rohrglanzgras	75	45	520	640	80	4,7	1,7

Die hier vorgestellten Kosten stellen lediglich eine Anhaltgröße dar. Für eine genauere Kostenanalyse müssen die örtlichen Gegebenheiten der Deponie berücksichtigt werden. Bereits bestehende Kooperationen mit Landwirten können die Kosten senken. Zum anderen wird über die Wahl des Substrats für die Rekultivierungsschicht der Biomasseertrag beeinflusst.

Bei einem guten Substrat können über die gesteigerten Erträge die Bereitstellungskosten gemindert werden. Außerdem sind Alternativen zu der Etablierung von Beständen insbesondere beim Grünland und den Staudenfluren gegeben, die voraussichtlich um einiges kostengünstiger als die Aussaat bzw. Pflanzung sind, da die Kosten für das Pflanz- und Saatgut wegfallen.

Tabelle 32 gibt eine Übersicht zu der ökonomischen Beurteilung der drei Anbau- und Bewirtschaftungsvarianten, die in Kapitel 8.3 beschrieben werden. Bei der Bewertung der Bewirtschaftungsvarianten I und II handelt es sich um Abschätzungen.

Tabelle 32: Ökonomische Beurteilung der Bewirtschaftungsvarianten

Vegetation	Bewirtschaftungsvariante		
	Variante I	Variante II	Variante III
Grünland	+/-	(-)	-(-)
Halbruderale Gras- und Staudenfluren	+/-	(-)	--
Landröhrichte, Sümpfe und feuchten bis nassen Staudenfluren (Mischbestände)	+/-	(-)	-
Schnellwachsende Baumarten	+/-	(-)	-

Resümee

Bei einer gezielten Etablierung bestimmter Vegetationsbestände sind Kosten für Pflanzgut und Bewirtschaftungsmaßnahmen aufzubringen. Diese Kosten können vermindert werden, wenn eine sukzessive Entwicklung der Bestände zugelassen wird bzw. Alternativen bei der Etablierung (z.B. Heudruschverfahren) gewählt werden. Die ökonomische Bewertung ist mit einer großen Unsicherheit verbunden und sollte in einem Demonstrationsvorhaben geprüft werden.

10.2 Erlöse

Für Biobrennstoffe hat sich in Deutschland noch kein Markt etabliert, so dass die Preise große Schwankungsbreiten aufweisen. Für Waldhackgut wird in [FNR 2000] eine Preisspanne von 4 bis zu 7 €/GJ angegeben. Eigene Recherchen ergaben eine Spannbreite von 3 bis 6 €/GJ für Waldhackschnitzel und Sägereste [BEN 2005], [FNR 2000], so dass die in Kapitel 11.1 ermittelten Bereitstellungskosten gerade gedeckt werden könnten. Wirtschaftliche Verhandlungen mit dem Betrieb der Feuerungsanlage können die Preissituation sehr variieren, so dass die regionale Situation bei dem Deponiestandort bezüglich bestehender Energieanlagen unbedingt berücksichtigt werden muss. Allgemein kann jedoch davon ausgegangen werden, dass die Nachfrage nach naturbelassenen Hölzern steigen wird. Preislich attraktive Sortimente sind oftmals schon ausgeschöpft [KERN UND RAUSSEN 2004].

Preise für Halmgutballen sind sehr schwierig festzulegen. Es sind Preise nur für Heu verfügbar, das als Viehfutter bestimmt ist und somit eine entsprechende Qualität aufweist. Diese Preise sind nicht mit denen für Heu zur energetischen Verwertung vergleichbar.

Halmgutartige Brennstoffe werden derzeit wegen den schwierigen Brennstoffeigenschaften nicht energetisch genutzt [IE 2003]. Eine abschließende Aussage zu den Erlösen bei der Verwendung als Biobrennstoff ist somit nicht möglich. Außerdem kann sogar die Situation vorliegen, dass für die Abnahme bezahlt wird, wenn für Landschaftspflegeheu beispielsweise ein Entsorgungsproblem besteht [FNR 2005].

11 Synergieeffekte/Potenziale

Flächenpotenziale

In der Bundesrepublik Deutschland werden z.Z. noch ca. 340 Deponien der Deponieklasse II (Siedlungsabfalldeponien) betrieben. Etwa 130 Siedlungsabfalldeponien wurden seit 1995 (bis 31.12.2004) stillgelegt. Man kann hierbei von einer Gesamtfläche von ca. 5.000 ha ausgehen. Zusätzlich sind ca. 250 weitere Deponien der Deponieklasse II bis zum 31.05.2005 in die Stilllegungsphase überführt worden. Das entspricht einer Fläche von ca. 10.000 ha. Ca. 8.000 Deponien (in erster Linie kleine Ablagerungen in Ostdeutschland) wurden Anfang der 90er Jahre stillgelegt.

Man kann somit von einem **Flächenpotenzial** von ca. 100.000 ha ausgehen, dass jedoch nur anteilig für eine derart spezielle Nachnutzung zur Verfügung steht, da konkurrierende Nachnutzungsoptionen auf verschiedenen Standorten bereits realisiert, bzw. in der Planung sind (Photovoltaik, Windkraft, Freizeitnutzung etc. s. auch Kapitel 3.9).

Ergänzend kann man von einer weitaus größeren Anzahl von Deponien der Deponieklasse I (Inertstoffdeponien) ausgehen, die als zusätzliches Flächenpotenzial von Interesse sind. Diese Flächen sind jedoch nicht Gegenstand der Machbarkeitsstudie.

Die erwähnten Flächen stehen potenziell für den Anbau von energetisch nutzbaren Pflanzen zur Verfügung. Werden die Kulturen und Anbaumethoden gezielt auf die Anforderungen und Zielsetzungen des Naturschutzes abgestimmt (s. a. Kapitel 8.3), ist auch für den Naturschutz ein wesentliches Flächenpotenzial zu erschließen. Es ist hierbei gezielt zu betrachten, welche Pflanzengesellschaften realisierbar erscheinen und welche Naturschutzziele als Synergismen resultieren können.

Geht man von einer Gesamtfläche von ca. 100.000 ha Deponiefläche aus, die im Zeitraum von 1990-2005 (bzw. 2009) verfügbar ist, so sind ca. 10 % einer Nachnutzung bereits zugeführt (s. Kapitel 3.4.3, Nachsorgephase). 75 % befinden sich in einem Übergangszustand (Stilllegungsphase), d.h. die Standorte werden nicht bewirtschaftet oder genutzt, müssen jedoch mit einem Pflege- und Überwachungsaufwand betrieben werden. Die verbleibenden 15 % sind derzeit noch im Betrieb, werden jedoch in den nächsten 1-4 Jahren in die Stilllegungsphase überführt und stehen dann einer potenziellen Nachnutzung zur Verfügung.

Geht man von einem erschließbaren Flächenpotenzial von 30 % der gesamt zur Verfügung stehenden Deponiefläche aus (es wird angenommen das neben den 15 % der bereits in einer Nachnutzung befindlichen Flächen, weitere 55 % einer alternativen Nachnutzung zugeführt werden oder durch eine bereits festgelegte Nachnutzung im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens nicht zur Verfügung stehen. Dieser Wert ist jedoch geschätzt und kann zur Gesamtpotenzialberechnung verändert werden), so besteht die Möglichkeit den Anbau von Energiepflanzen auf 30.000 ha umzusetzen. Es kann dadurch die für den Anbau von Energiepflanzen ackerbaulich bereits bewirtschaftete Fläche ergänzt werden und in der Konse-

quenz nach Abzug der Wirkungen des naturverträglichen Anbaues und der erschwerten Anbaubedingungen auf den Flächen (ca. 25 % reduzierte Produktivität der Flächen) 22.500 ha Fläche durch die Bewirtschaftung der Deponieflächen substituiert werden.

Neben den positiven Wirkungen im Bereich Naturschutz, Deponienachsorge, Regionalentwicklung und Arbeitsmarkt können auf den aktuell zur Verfügung stehenden Flächen (abzgl. der Flächen, auf denen alternative Nachnutzungsoptionen umgesetzt werden und unter Berücksichtigung einer geringeren Produktivität durch die vorliegenden Rahmenbedingungen) potenziell 90.000 – 240.000 Mg/a Biomasse produziert werden, die entsprechend verwertet werden können. Unter der Annahme, dass sich die Biomasseerträge im Bereich von 3–8 t TM/(ha*a) bewegen und ein durchschnittlicher Heizwert von 17 GJ/t TM zugrunde gelegt wird, ergibt sich für die oben genannte Fläche von 30.000 ha ein Energieertrag von 1,5–4 PJ/a.

Ein wesentliches zusätzliches Potenzial besteht durch die Nutzung und den Bau von Verwertungs- und Aufbereitungsanlagen auf den Deponiestandorten. Es können hier die zur Verfügung stehenden Infrastruktureinrichtungen genutzt werden bzw. zusätzliche Einrichtungen erstellt werden, die dadurch die Überbauung anderer Flächen vermindern und neben dem wirtschaftlichen Vorteil auch einen positiven Beitrag zum Flächenressourcen Management leisten.

Naturschutzfachliche und ökologische Aspekte

Werden im Rahmen der Nachnutzung der Deponie naturschutzrelevante Flächen geschaffen, findet sich in der Literatur mehrfach der Hinweis darauf, dass zu prüfen ist, ob diese Maßnahmen einem Ökokonto gutgeschrieben werden können [GUDAT 2003]. Nach Erfahrungen der Betreiber und Behördenvertreter wird diese Entscheidung jeweils im Einzelfall und in intensiver Diskussion zwischen den Akteuren und in Abhängigkeit der jeweiligen Zielsetzungen entschieden.

Durch die Realisierung von Naturschutzzielen auf den Deponien kann darüber hinaus neben der allgemeinen Verbesserung der Umweltqualität und der Förderung von naturschutzfachlich wertgebenden Biotopen, inkl. Arten- und Lebensgemeinschaften, auch die Akzeptanz für diese Nutzungsform in der Bevölkerung deutlich erhöht werden. Aus Sicht des Naturschutzes bietet die Notwendigkeit der kontinuierlichen Überwachung und des lückenlosen Monitorings aufgrund der Anforderungen der Deponienachsorge die Gelegenheit, die Entwicklung der Flächen mittel- und langfristig zu dokumentieren und wenn gewünscht durch gezielte Maßnahmen zu steuern (z.B. zur Etablierung weiterer Artgemeinschaften). Daraus ergibt sich ein Datenpool der wesentliche Basisdaten für die Renaturierung degenerierter Flächen liefern kann.

Können Deponien einer Nutzung mit naturschutzrelevanter Wirkung zurückgeführt werden, ist es möglich „höherwertige“ Flächen (unbelastete oder gering belastete Böden) zu substituieren, und neben der Erzielung von Biomasse-Erträgen ebenfalls Wirkungen im Bereich des Flächenrecycling zu erzielen.

Durch die Produktion von Energiepflanzen wird auf den Flächen ein Beitrag zum Klimaschutz und zur Ressourcenschonung geleistet. Durch die Bereitstellung erneuerbarer Energieträger werden CO₂-Kontingente eingespart und fossile Energieträger geschont. Für die Land- und

Forstwirtschaft ergeben sich aus der Umnutzung der Deponieflächen neue Tätigkeitsfelder und Einnahmequellen, die durch die Neuregelungen des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) eine realistische wirtschaftliche Perspektive eröffnen. Die im Rahmen der Nachnutzung erwirtschafteten Erträge ergänzen direkt (Pacht, Ertrag) und/oder indirekt (Reduzierung des Pflegeaufwandes, Errichtung und Betrieb von Biomasseverwertungsanlagen) die Nachsorgeaufwendungen und –rücklagen. Vorhandenes Gerät und Infrastruktureinrichtungen können weiterhin bei der Bewirtschaftung der Flächen und einer Verwertung und Weiterverarbeitung der produzierten und ergänzenden Biomasse aus der Region eingesetzt werden und erwirtschaften kontinuierlich eine Wertschöpfung. (Beitrag zu Klimaschutzziele, neues Tätigkeitsfeld für Land- und Forstwirtschaft, Erträge ergänzen Nachsorgeaufwendungen und –rücklagen, Einsatz vorhandener Maschinen und Infrastruktureinrichtungen)

Nutzung vorhandener Infrastruktur

Neben der Produktion von Biomasse bietet der Standort an sich in vielen Fällen sehr gute Voraussetzungen als Standort für Biomasseverwertungs- und –aufbereitungsanlagen. Die Standorte liegen aufgrund ihrer Funktion in den meisten Fällen zentral, jedoch ausreichend abgeschirmt, um Belästigungen, die aus dem Betrieb der Deponie resultieren könnten, zu minimieren. Es besteht eine gut ausgebaute funktionsfähige Infrastruktur und Ausrüstung mit Gerätschaften zur Bewirtschaftung der Flächen, die in Abhängigkeit von der Wahl der Energiepflanzen durch den Kauf von Spezialmaschinen ergänzt werden muss, oder durch an vielen Standorten bereits bestehenden Kooperationen mit Land- und Forstwirtschaft, ergänzt werden (Spezialmaschinen wie z.B. Erntemaschinen).

Es sind finanzielle Rücklagen für die geordnete Stilllegung und Nachsorge, incl. einer Nachnutzung vorhanden. Z.T. existieren bereits Biomasseverwertungsanlagen oder Anlagenteile auf den Deponien. Es ergibt sich hieraus das Potenzial ergänzende Biomasseströme aus der Region zu bündeln und in die Anlagen auf dem Standort zu leiten. Am Beispiel der Deponie im Neckar-Odenwald-Kreis ist beispielhaft der Aufbau und die Etablierung eines Biomasse-Verwertungszentrums skizziert.

Der Aufbau und Betrieb von Biomasseverwertungs- und –aufbereitungsanlagen kann somit eine wirtschaftlich interessante Variante für den Betreiber, bzw. für potenzielle Investoren darstellen.

Durch den Weiterbetrieb der Standorte und eine mögliche Ausweitung des Betriebes sind Impulse für den regionalen Arbeitsmarkt denkbar. Die konsequente Einbeziehung der regionalen Land- und Forstwirtschaft sowie industrieller Akteure der Umgebung, bündelt Know-how und ermöglicht die Weiterentwicklung der Standorte. Der Bereich Biomasseverwertung und –aufbereitung stellt einen Zukunftsmarkt mit einer hohen Dynamik dar. Technologieentwicklung und -weiterentwicklung sind regional wirksame Wirtschaftsfaktoren (Wirtschaftsfaktor, Impulse Arbeitsmarkt, Etablierung von innovativen Zukunftstechnologien, Nutzung vorhandener Gebäude und Infrastruktur, Weiterbeschäftigung des Personals und Schaffung neuer Arbeitsplätze, Erfassung und Bündelung von Materialströmen aus der Region).

Kostenbeitrag zu Nachsorgeverpflichtungen

Der notwendige Nachsorgeaufwand wird nach wie vor zu erfüllen sein. Durch eine gezielte Abstimmung der einzelnen Anforderungen mit Aktivitäten im Rahmen der Nachnutzung lassen sich jedoch möglicherweise Erträge realisieren, die die Rücklagen zur Nachsorge der Flächen ergänzen und mittel- und langfristig die Bewirtschaftung der Flächen sicherstellen. Durch diese Maßnahmen wird die Integration der Flächen unterstützt. Pflegemaßnahmen lassen sich zwischen Nachsorge und Nachnutzung abstimmen. Kompetenzen und Personal aus Naturschutz, Land- und Forstwirtschaft fließen in Betrieb und Pflege der Flächen ein. Der Weiterbetrieb der Flächen und das Setzen wirtschaftlicher Impulse unter Berücksichtigung naturschutzfachlicher Belange erhöht die Akzeptanz und stellt die Erfüllung der Anforderungen des kontinuierlichen Monitorings im Rahmen der Nachsorge sicher (abgestimmte Pflegemaßnahmen, Nutzung von Kompetenzen aus Naturschutz und Landwirtschaft, kontinuierliches Monitoring, Weiterbetrieb und Akzeptanz, Erfüllung der Anforderungen der Nachsorge).

12 Beispiele

12.1 Buchen

Die Abfallwirtschaftsgesellschaft des Neckar-Odenwald-Kreises mbH (AWN GmbH) betreibt am Standort Buchen das Zentrum für Entsorgung und Umwelttechnologie Sansenhecken (Z.E.U.S.). Es handelt sich hierbei um den Standort einer Siedlungsabfalldeponie, der in Teilbereichen stillgelegt werden soll, jedoch im Rahmen einer Gesamtlaufzeit bis 2017 betrieben wird. Neben der Ablagerungsfläche für Siedlungsabfälle befinden sich Einrichtungen für die mechanisch-biologische Abfallbehandlung nach dem ISKA®-Verfahren (anaerob), eine Kompostierungsanlage und ein Biomasseheizkraftwerk auf der Gesamtfläche. Eine Ergänzung der vorhandenen Anlagentechnik (Pelletierungsanlage) und ein weiterer Ausbau des Standortes zu einem Biomasseverwertungszentrum für die Region sind geplant.

Die vom Betreiber entworfene Konzeption ist wesentlich darauf ausgelegt, Stoffströme aus der Region zu bündeln und im Zentrum für Entsorgung und Umwelttechnologie zu verwerten oder zu beseitigen. Es wird dabei die existierende Infrastruktur und Verkehrsanbindung als Standortvorteil genutzt und weiter ausgebaut. Erlöse aus der Energieproduktion (EEG) und der Behandlung und Entsorgung von Abfällen, stellen den Betrieb des Standortes mittel- und langfristig sicher.

Die Produktion von Energiepflanzen auf den zur Verfügung stehenden Flächen der Deponie würde für den Betreiber eine sinnvolle und nahe liegende Ergänzung des Gesamtkonzeptes des Z.E.U.S. darstellen. Der Ausbau und die Nachnutzung der Deponiefläche sichern darüber hinaus den langfristigen Betrieb des Standortes.

Bereits bestehende Kooperationen mit Land- und Forstwirtschaft (Bewirtschaftung und Pflege der Flächen) sowie mit der Industrie (Betrieb einzelner Anlagen und Anlagenteile), werden seit Jahren kontinuierlich ausgebaut und führen zu einer win-win-Situation für alle Akteure. Die Akzeptanz in der Bevölkerung ist durch ein hohes Maß an Transparenz und die Rolle des Arbeitgebers in einer strukturschwachen Region hoch.

In der Abbildung 10 sind mögliche Nachnutzungsoptionen für den Standort skizziert. Es wurden in diesem Fall bereits initiierte Nutzungsoptionen mit neu entwickelten Ansätzen kombi-

niert. Es ergibt sich daraus ein Mosaik von in Frage kommenden Nutzungsmöglichkeiten unter besonderer Einbeziehung von Kapazitäten und Potenzialen (Know-how und Personal) aus der Region.



Abbildung 7: Nutzungsoptionen auf dem Standort der Deponie im Neckar-Odenwald-Kreis



Abbildung 8: Potenziell anbaubare Energiepflanzen

Abbildung 8 gibt einen Überblick über energetisch nutzbare Vegetationstypen, die aufgrund ihrer Charakterisierung (s. Kapitel 5) die Vorgaben von Deponietechnik und Naturschutz erfüllen und unter Berücksichtigung der Anbaubedingungen auf der Deponie in verschiedenen Deponiezonen kultiviert werden können. So bieten sich für die feuchten Randgebiete des Deponiekörpers incl. der Entwässerungsgräben und –zonen Röhrichtbereiche an. Die Freiflächen auf der Deponiefläche stehen für die Etablierung und Bewirtschaftung von Grünland zur Verfügung und in einzelnen Deponieabschnitten ist eine Kultivierung von Staudenfluren und schnellwachsenden Gehölzen möglich. Die so produzierte Biomasse kann direkt nach der Ernte, als Ergänzung der vorhandenen Biomasseströme aus der Region, in die vorhandenen Verwertungsanlagen am Standort gegeben werden.

Es handelt sich hierbei um einer erste Vorplanung die sowohl auf Angaben und Erfahrungswerten der Deponiebetreiber, sowie auf ersten Ergebnissen aus der Machbarkeitsstudie (s.a. kapitel 7) basieren. Für eine konkrete Planung ist eine genauere Untersuchung und Bewertung aller Rahmenbedingungen notwendig, die im durch eine Machbarkeitsstudie nicht geleistet werden kann. So muss eine konkrete Berechnung der Wirtschaftlichkeit des Anbaues der einzelnen Kulturen und einer Verwertung von Biomasse am Beispiel eines Demonstrationsvorhabens durchgeführt werden. Jedoch ist der erzielte Erlös immer eine Ergänzung zum normalen Nachsorgeaufwand, wenn die Erlöse aus den Erträgen den zusätzlichen Aufwand der Bewirtschaftung übersteigen.

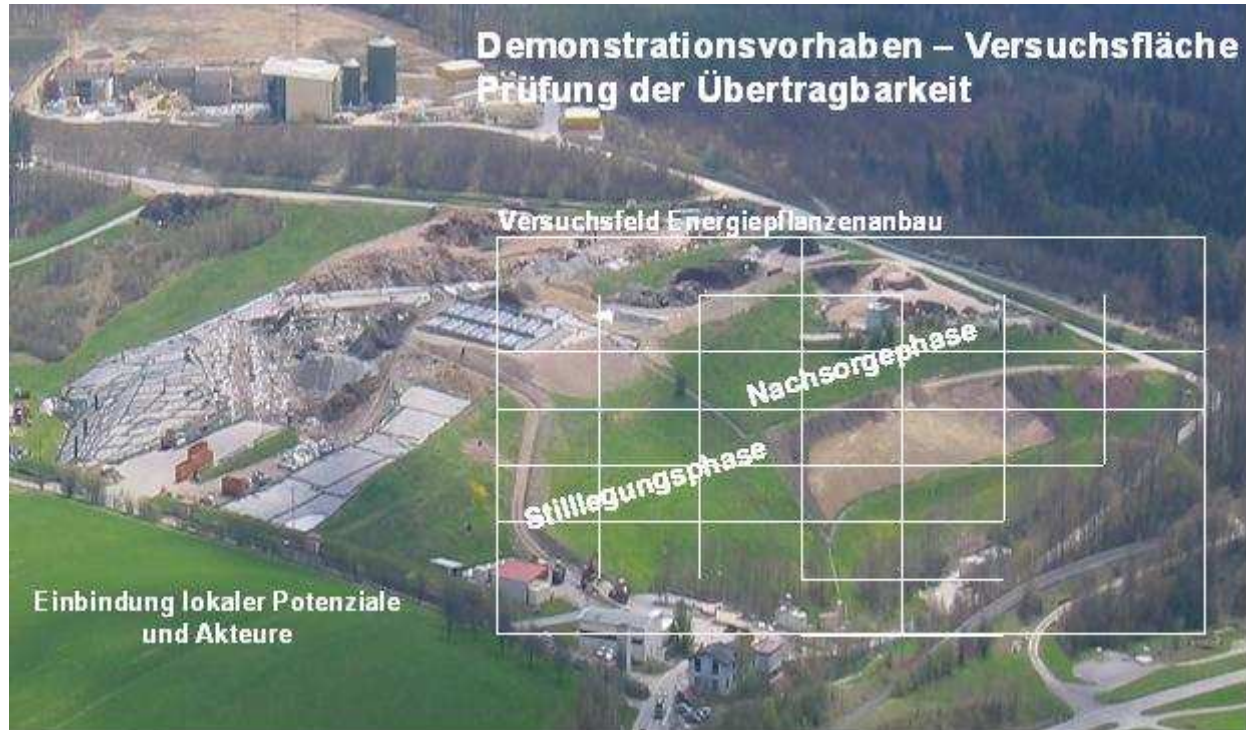


Abbildung 9: Mögliche Einrichtung von Versuchsfeldern

Um diese Annahmen auf Plausibilität zu überprüfen ist es notwendig im Rahmen von Demonstrationsvorhaben auf verschiedenen Versuchsflächen die beschriebenen Nachnutzungen umzusetzen und die erzielten Ergebnisse mit den Annahmen abzugleichen. Die so ge-

wonnenen Daten lassen dann in bestimmten Bereichen eine Übertragbarkeit der Konzeptionen zu.

Zentrum für Entsorgung und Umwelttechnologie Sansenhecken (Z.E.U.S.) in Buchen	
AWN GmbH, Abfallwirtschaftsgesellschaft des Neckar-Odenwald-Kreises mbH	
Amtsstraße 22	
74722 Buchen	
TEL: 06281 906 0	
FAX: 06281 906 21	
Siedlungsabfalldeponie	
Angeschlossene Einwohner:	148.400
in Betrieb seit:	1983
Laufzeit:	2017
Fläche:	13,9 ha
Ablagerungsfläche:	8,82 ha
Gesamtvolumen:	2,2 Mio m ³
Restvolumen:	1,0087 Mio. m ³
Abgelagerte Menge / Jahr:	39.500 Mg
Deponieform:	Hangdeponie
vorhandene Bauwerke:	Perkolationsanlage (MBA, anaerob)
Altholzverbrennung	
Kompostierung	
Pelletherstellung	
Sickerwasserkläranlage	
Verwaltungs- und Betriebsgebäude	
mögliche Nachnutzungen:	Produktion von Biomasse
	Ausbau eines regionalen Biomasseverwertungszentrums
	Regionale Anlieferungsstelle
	Schaffung zusätzlicher Anlagen zur Verwertung und Aufbereitung
	Nutzung lokaler Potenziale für die Bewirtschaftung und den Betrieb der Flächen und Anlagen

Abbildung 10: Standortdaten Zentrum für Entsorgung und Umwelttechnologien Sansenhecken (Z.E.U.S.)

12.2 Göttingen

Die Zentraldeponie in Göttingen-Deiderode wird vom Landkreis Göttingen betrieben. Die ursprünglichen Planungen eines Betriebes bis zum Jahr 2012 konnten aufgrund der aktualisierten abfallwirtschaftlichen Rechtsverordnungen nicht aufrechterhalten werden. Daraus folgend muss der Standort im Jahr 2005 in die Stilllegungsphase überführt werden.

Da der Standort nicht vollständig verfüllt ist und die ursprüngliche Planung einer Nachnutzung nicht mit den Anforderungen aus der AbfAbIV vereinbar ist (Aufforstung), ergibt sich für die Betreiber die Fragestellung nach alternativen Nachnutzungsoptionen und deren Realisierbarkeit und Finanzierbarkeit, die bereits im Rahmen der Stilllegungsanzeige vorgesehen werden sollen.

Es ist daher notwendig in enger Kooperation mit der genehmigenden Behörde genehmigungsfähige Nutzungsoptionen, Oberflächenabdeckungen für die Stilllegungsphase und Oberflächenabdichtungssysteme für die Nachsorgephase festzulegen.

Zentraldeponie Deiderode	
Landkreis Göttingen	
Reinhäuser Landstraße 4	
37083 Göttingen	
TEL: 0551 525 0	
FAX: 0551 525 530	
Siedlungsabfalldeponie	
Angeschlossene Einwohner:	258.000
in Betrieb seit:	1988
Laufzeit:	31.05.2005, (ursprünglich 2012)
Fläche:	40 ha
Ablagerungsfläche:	33 ha
Gesamtvolumen:	3,3 Mio m³
Restvolumen:	2,1 Mio. m³
Abgelagerte Menge / Jahr:	120.000 Mg
Deponieform:	Hangdeponie
vorhandene Bauwerke:	MBA, anaerob
	Kompostierung
	Sickerwasserkläranlage
	Verwaltungs- und Betriebsgebäude
mögliche Nachnutzungen:	Produktion von Biomasse
	Integration in das regionale landschaftsökologische Gesamtkonzept (Erhalt landschaftsprägender Elemente)
	Einbindung in regionale Entwicklungskonzepte (Bioenergiedorf)
	Integration von Land- und Forstwirtschaft
	Kombination mit ergänzenden Nutzungen (Photovoltaik in Hanglagen mit Südausrichtung)

Abbildung 11: Standortdaten Zentraldeponie Deiderode

Auf den relevanten Flächen sind bereits unterschiedliche Nachnutzungsoptionen in Abstimmung mit der vorliegenden Regionalplanung und den Eigenschaften des Standortes konzipiert worden. So wurde für die Hänge mit Südausrichtung die Installation von Photovoltaikanlagen als Option geplant. Geeignete Flächenteile der Deponie sind für die Etablierung regional typischer Landschaftselemente, wie Obstwiesen und die Beweidung durch regionaltypische Haustierrassen vorgesehen. In Kombination mit Anlagen und Einrichtungen zur Biomassenutzung und entsprechenden Materialströmen im Umland (Bioenergiedorf) ist somit auch der Anbau von Energiepflanzen auf Teilflächen eine wesentliche Option für die Nachnutzung.

Anhang 2 Kataster der Beseitigungs- (Deponien gemäß TA Si-Deponieklassen I und II), Umschlag- und Behandlungsanlagen



Abfallwirtschaftsplan für den Regierungsbezirk Braunschweig

-6-

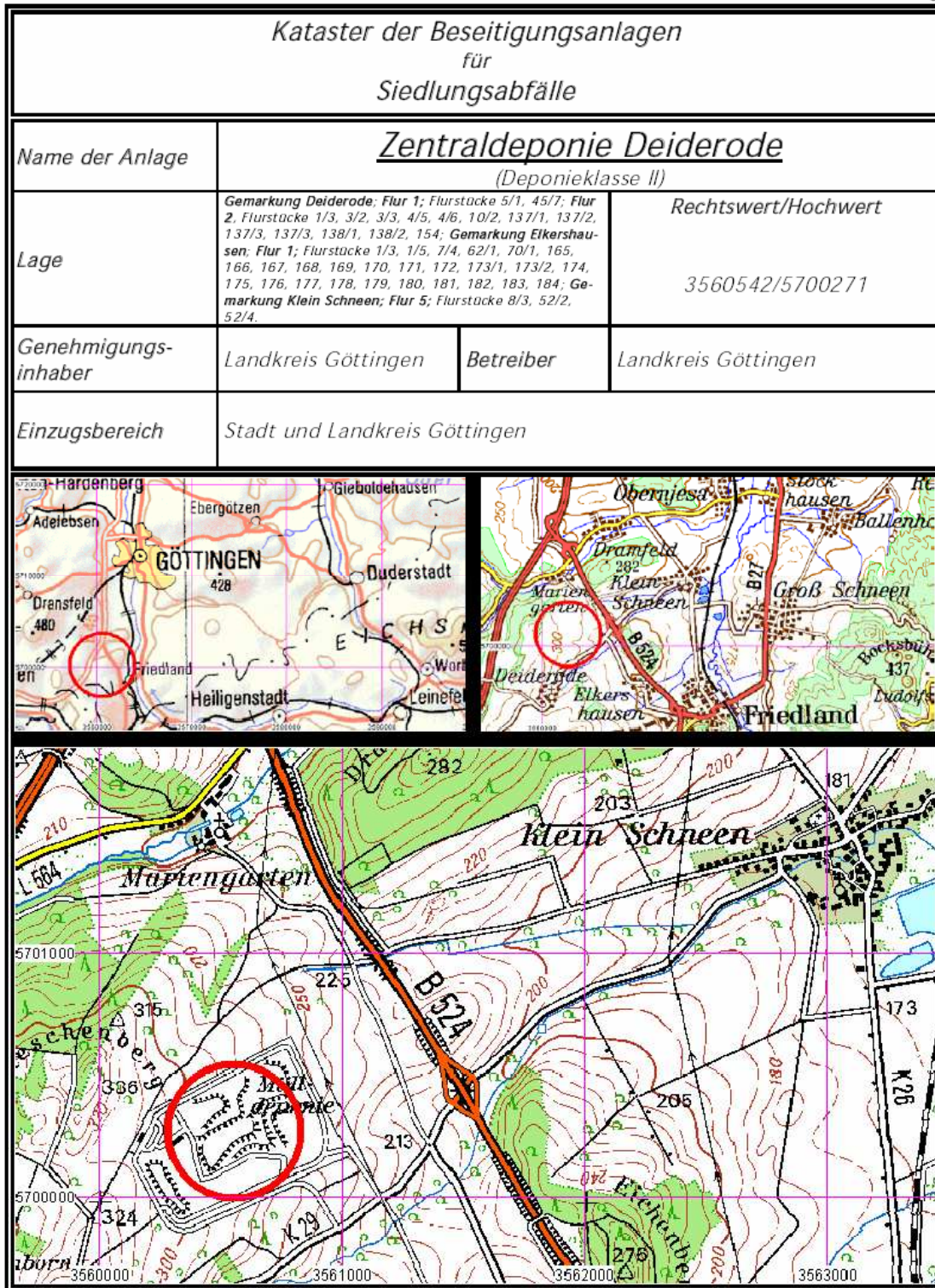


Abbildung 12: Auszug Kataster Standort Deiderode

12.3 Wolfsburg

Auf der Deponie im Barnbruch in Wolfsburg-Fallersleben, besteht die außergewöhnliche Situation, dass eine potenzielle Nachnutzung sehr stark durch das direkte Umland beeinflusst wird. Der Standort befindet sich in Mitten eines FFH-Gebietes, was dazu führt das eine Nachnutzung grundsätzlich eine wesentliche Naturschutzrelevanz haben muss.

Wolfsburg-Fallersleben, Barnbruch	
Amt für Abfallwirtschaft und Stadtreinigung	
Dieselstraße 26-36	
38446 Wolfsburg	
TEL: 05361 280	
FAX: 05361 2070	
Siedlungsabfalldeponie	
Angeschlossene Einwohner:	127.800
in Betrieb seit:	1970
Laufzeit:	31.05.2005, (ursprünglich 2016)
Fläche:	38 ha
Ablagerungsfläche:	28,1 ha
Gesamtvolumen:	4,0 Mio m³
Restvolumen:	2,3 Mio. m³
Abgelagerte Menge / Jahr:	72.000 Mg
Deponieform:	Haldendeponie
vorhandene Bauwerke:	Kompostierung
	Sickerwasserkläranlage
	Verwaltungs- und Betriebsgebäude

Abbildung 13: Standortdaten Deponie Wolfsburg-Fallersleben / Barnbruch

Die Nachnutzung der Deponieflächen für den Naturschutz sind dabei idealerweise durch eine extensive Bewirtschaftung zu ergänzen, die sowohl den Naturschutzzielen als auch den wirtschaftlichen Interessen der Betreiber entgegen kommt.

In Wolfsburg Fallersleben wird bereits seit 1970 die Siedlungsabfalldeponie am Standort Barnbruch betrieben. Die ursprüngliche Laufzeit bis 2016 wurde ähnlich wie bei der Zentraldeponie Göttingen-Deiderode durch aktualisierte Deponierechtverordnungen auf einen Betrieb bis zum Jahr 2005 begrenzt.

Die Tatsache das eine vollständige Verfüllung und somit die Rückstellung von Kapital für die Aufwendungen der Nachsorge nicht in vollem Umfang möglich waren, führt zu der Notwendigkeit eine Nachnutzungsoption zu wählen, die in diesem besonderen Fall sowohl den Ansprüchen des Naturschutzes (FFH-Gebiet) genügt als auch die Nachsorgekosten minimiert oder einen Ertrag von den zur Verfügung stehenden Flächen ermöglicht.

Eine naheliegende Option ist dabei die extensive Bewirtschaftung der Flächen und eine Veräußerung der gewonnenen Biomasse, bzw. die Realisierung einer Wertschöpfung durch die Nutzung der vorhandenen Infrastruktur und Anlagen.

Anhang 2 Kataster der Beseitigungs- (Deponien gemäß TA Si-Deponieklassen I und II), Umschlag- und Behandlungsanlagen



Abfallwirtschaftsplan für den Regierungsbezirk Braunschweig

-2-

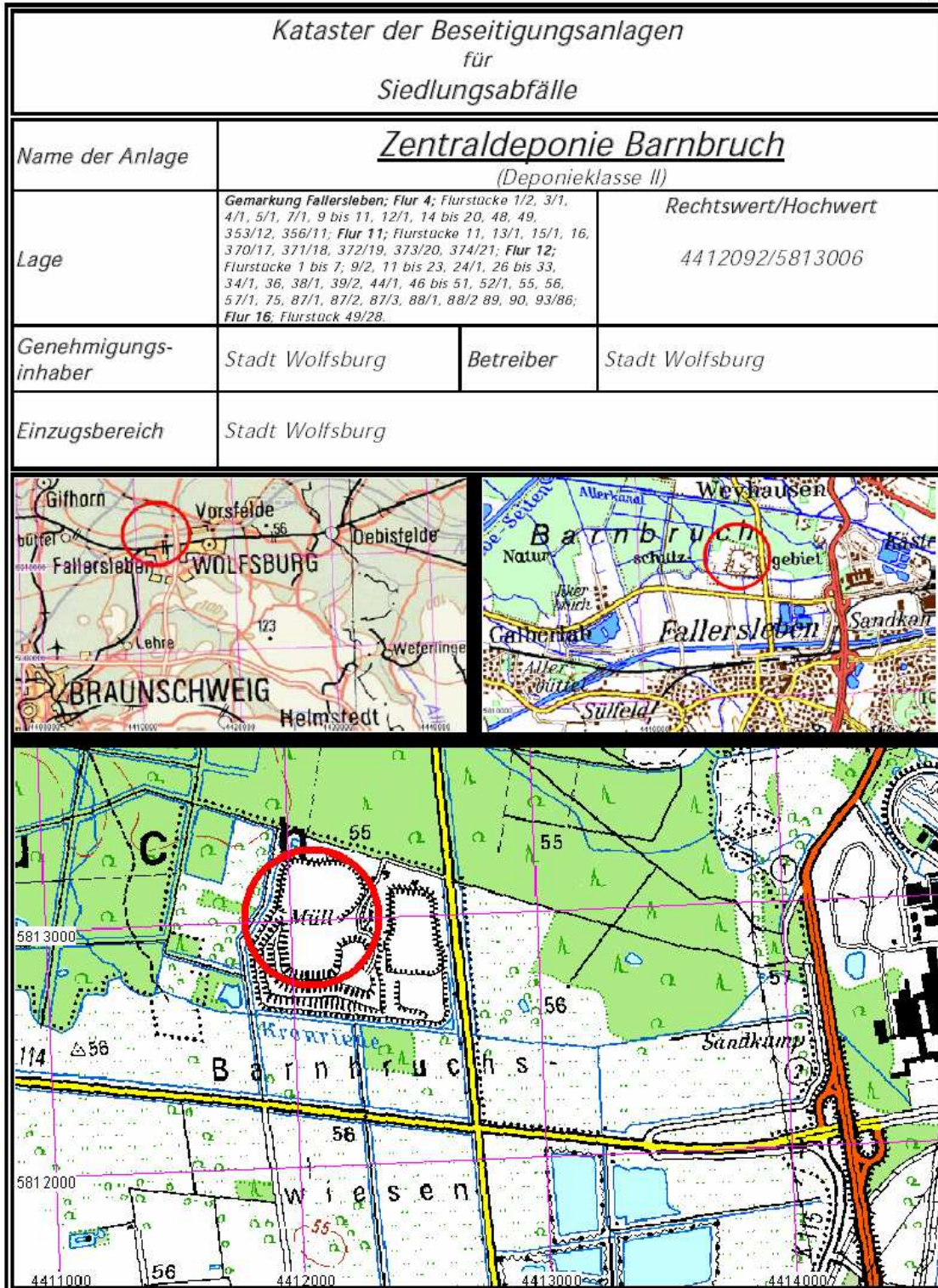


Abbildung 14: Auszug Kataster, Standort Barnbruch

13 Perspektiven

Die Bundesrepublik Deutschland (Bundesregierung) hat in verschiedenen Rahmenrichtlinien (z.B. Nachhaltigkeitsstrategie [Bundesregierung 2004]) und -erklärungen Entwicklungsschwerpunkte für Zukunftsstrategien gesetzt.

Ziel der Bundesregierung ist es einerseits, den Anteil der Erneuerbaren Energien am Primärenergieverbrauch in Deutschland bis 2010 gegenüber 2000 auf 4,2 % und in Bezug auf den Stromverbrauch (Nutz- oder Endenergie) auf 12,5 % zu erhöhen und andererseits verstärkt Anstrengungen zum Flächenressourcenmanagement mit einem Schwerpunkt beim Flächenrecycling zu unternehmen. Der Flächenverbrauch soll bis 2020 auf 30 ha/d reduziert werden [BMBF Bekanntmachung, Förderrichtlinie zum Schwerpunkt „Forschung für die Reduzierung der Flächeninanspruchnahme und ein nachhaltiges Flächenmanagement (REFINA)“].

Die Nutzung ehemaliger Deponieflächen für den Anbau von Energiepflanzen unter besonderer Berücksichtigung der Belange und Ansprüche des Naturschutzes sowie unter Beachtung aller festgelegten Anforderungen der Deponie-Stilllegung und Deponie-Nachsorge, kann für die o.g. Zielsetzungen ein zusätzliches Potenzial darstellen (s.a. Kapitel 11).

Im Rahmen der vorliegenden Machbarkeitsstudie konnten Ansätze für eine Nachnutzung stillgelegter Deponieflächen für den Anbau von Energiepflanzen unter besonderer Berücksichtigung von Anforderungen bei der Produktion von Energiepflanzen, der Deponienachsorge und dem Naturschutz entwickelt werden. Ein besonderes Augenmerk lag dabei auf der Identifizierung von Synergien zwischen den einzelnen Anforderungen.

Wichtig für die Bewertung der vorhandenen Potenziale ist es, einerseits auf die besonderen Infrastruktureinrichtungen und Voraussetzungen auf der Deponie einzugehen, andererseits aber auch die Verzahnung mit der Region zu betrachten, die neben der Nutzung der verfügbaren Flächen ein hohes wirtschaftliches und soziales Potenzial beinhalten können.

Im Anschluss an diese Machbarkeitsstudie ist daher vorgesehen, auf verschiedenen Deponiestandorten im Rahmen von Demonstrationsvorhaben, die möglichen Potenziale und die hier konzipierten Handlungsoptionen auf Plausibilität und Realisierbarkeit in der praktischen Umsetzung zu evaluieren.

Im Rahmen der Machbarkeitsstudie konnte eine grundsätzliche Realisierbarkeit des Anbaues und der Nutzung von Energiepflanzen als Nachnutzungsoption für Deponieflächen dargestellt werden. Jedoch ist eine detailliert Betrachtung der individuellen Rahmenbedingungen jedes Standortes dringend notwendig. Erst aus einer solchen individuellen Betrachtungen heraus lassen sich konkrete Rückschlüsse auf die jeweils geeigneten Optionen (Pflanzengesellschaften, Anbaumethoden, Abgleich mit Maßnahmen im Rahmen der Deponienachsorge, Regionalplanungen, etc.) für die jeweiligen Standorte ziehen.

Durch die Konzeption einer weiteren Planungsoption basierend auf Synergieeffekten zwischen notwendigem Nachsorgeaufwand, Nutzung von Potenzialen des Anbaus nachwachsender Rohstoffe und der Berücksichtigung naturschutzrelevanter Aspekte, können sich im gesamten Nachsorgezeitraum und bei der Realisierung einer entsprechenden Nachnutzung wirtschaftliche Optimierungen, ökologische Potenziale und positive soziale Wirkungen ergeben.

Die entwickelten Nachnutzungsvarianten und Bewertungsinstrumente, sollen im Rahmen der Umsetzung von Demonstrationsvorhaben in der Folge dieser Vorstudie in den Jahren 2006 bis 2010 evaluiert werden und in einen deutschlandweiten Kontext integriert werden. Das ökonomische, ökologische und soziale Potenzial eines Gesamtkonzeptes, das verschiedene, angepasste Einzelkonzepte beinhaltet, soll auf diese Weise dargestellt werden.

Darüber hinaus können die Daten und konzipierten Nachnutzungsoptionen, nach der Evaluierung in den Demonstrationsvorhaben, als Know-how für einen Strategietransfer in das europäische und außereuropäische Ausland dienen.

Literatur

- ABFABLV (2001): Abfallablagerversordnung, Verordnung über die umweltverträgliche Ablagerung von Siedlungsabfällen vom 20.02.2001; aus BGBl. I S.305, BGBl. I S.2807
- ABFG (1972): Gesetz über die Beseitigung von Abfällen, Abfallbeseitigungsgesetz - AbfG" VOM 07.06.1972
- AMTSBLATT DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFT (1999): Richtlinie 1999/31/EG des Rates vom 26. April 1999 über Abfalldeponien
- ARBEITSKREIS DER DEPONIEBETREIBER (2003): mündliche Angaben
- BAADER, W. (1985): Gewinnung von Biogas aus grünen und silierten Pflanzen in einem Reaktor mit innerem Flüssigkeitsumlauf. - 3. EG Konferenz "Energy from Biomass", Venedig
- BAAKE R., 1999, Pressekonferenz zur Vorstellung von Eckpunkten für die Zukunft der Siedlungsabfallentsorgung
- BAITZ, M., M. BINDER, W. DEGEN, S. DEIMLING, S. KRINKE UND M. RUDLOFF (2004): Vergleichende Ökobilanz von SunDiesel (Choren-Verfahren) und konventionellem Dieselmotorkraftstoff. Im Auftrag der Volkswagen AG und DaimlerChrysler AG
- BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR WALD UND FORSTWIRTSCHAFT (LWF 1996): Schnellwachsende Baumarten, ihr Anbau und ihre Verwertung, (Beiträge eines Fachgespräches)
- BBR – Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (2001): Umweltbarometer Boden - www.bbr.bund.de
- BBR – Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (2002): Brachflächenrecycling, www.bbr.bund.de
- BELDE, M. & RICHTER, O. (1997): Zellulärer Automat zur Simulation der Sukzession auf Niedermoorstandorten bei unterschiedlichen Managementmaßnahmen. - Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie, 27: 189-198.
- BEN (Bioenergie Niedersachsen) 2005: Bioenergie-Börse. <http://ben-online.de>.
- BfN Neoflora, www.neophyten.de
- BGK (Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V.) und ZVG (Zentralverband Gartenbau e.V.) (2002): Kompost in der Baumschule – Anwendungsempfehlungen. Köln, Bonn.
- BNATSCHG: Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege. http://bundesrecht.juris.de/bundesrecht/bnatschg_2002/htmltree.html
- BINGGELI, D. & B. GUGGISBERG (2002): Biomasse - Überblicksbericht zum Forschungsprogramm 2002 - <http://www.energieschweiz.ch/imperia/md/content/forschung/jahresbericht2002/1.pdf>
- BINOT, M., R. BLESS, P. BOYE, H. GRUTTKE & P. PRETSCHER (1998): Rote Liste gefährdeter Tiere Deutschlands. - Bundesamt für Naturschutz (BfN) (Hrsg.), Bonn-Bad Godesberg, 434 S.
- BÖCKER, R., H. GEBHARDT, W. KONOLD & S. SCHMIDT-FISCHER (1995 b): Neophyten - Gefahr für die Natur? Zusammenfassende Betrachtung und Ausblick. - In: BÖCKER, R. et al. (1995 a), 209-215.

- BÖCKER, R., H. GEBHARDT, W. KONOLD & S. SCHMIDT-FISCHER (Hrsg.) (1995 a): Gebietsfremde Pflanzenarten, Auswirkungen auf einheimische Arten, Lebensgemeinschaften und Biotope - Kontrollmöglichkeiten und Management. - Landsberg, 215 S.
- BÖHMER, H.-J., T. HEGER & L. TREPL (2001): Fallstudien zu gebietsfremden Arten in Deutschland. Texte des Umweltbundesamtes 13.
- BORKOWSKY, O. (2001): Pflege- und Entwicklungsplan Niedersächsischer Drömling - Grundlagenband G 3. - 540 S.; Beedenbostel.
- BRÄCKER W. (2002): Oberflächenabdeckungen und -abdichtungen; Abfallwirtschaftsfakten 6.1; Niedersächsisches Landesamt für Ökologie
- BRANDES, D. (2000 a): Neophyten in Deutschland - ihre standörtliche Einnistung und die Bedrohung der indigenen Flora. - In: OPITZ, H. & C. MAYR (2000 a), 44-54.
- BRANDES, D. (2000 b): Adventivpflanzen. - 4. Braunschweiger Kolloquium, Braunschweig
- BRANDES, D. (2003): Die aktuelle Situation der Neophyten in Braunschweig. - Braunschweiger Naturkundliche Schriften • 6 (4): 705-760 • Braunschweig
- BRÖKELAND, R.(2003): Stoffquellen, Stand der Technik zur Nutzung halmgutartiger Biomasse-Fraktionen und Entwicklungsperspektiven. -Workshop des BFN "Potenziale und Entwicklungen der energetischen Biomassenutzung" - <http://www.carmen-ev.de/dt/hintergrund/vortraege/halmgut.pdf>
- BUNDESAMT FÜR NATURSCHUTZ (2001): „Internationaler Tag der biologischen Vielfalt“ lenkt Blick auf „Neueinwanderer“. - Pressemitteilung: http://www.bfn.de/07/pm_01_33.htm
- BUNDESREGIERUNG (2004): <http://www.bundesregierung.de/Politikthemen/Nachhaltige-Entwicklung-,11409/Die-Nachhaltigkeitsstrategie-d.htm>
- Bungart, R. (1999): Erzeugung von Biomasse zur energetischen Nutzung durch den Anbau schnellwachsender Baumarten auf Kippsubstraten des Lausitzer Braunkohlereviere unter besonderer Berücksichtigung der Nährelementversorgung und des Wasserhaushaltes. Cottbuser Schriften zu Bodenschutz und Rekultivierung. Band 7. Brandenburgische Technische Universität Cottbus. Cottbus.
- BURKHARDT G.& EGLOFFSTEIN TH. (1997): Deponiefolgekosten, in: Oberflächenabdichtungen von Deponien und Altlasten, Hrsg. burkhardt und Egloffstein. Abfallwirtschaft in Forschung und Praxis Bd 103, S.S. 204 und 205. Erich Schmidt Verlag
- CHRESTENSEN: <http://www.chrestensen.de>. 2004
- DBU (1998): Deutsch Bundesstiftung Umwelt-Schilfprojekt - Sanierung eines degradierten Niedermoore mittels Anbau von Schilf als nachwachsendem Rohstoff unter Verwendung gereinigter kommunaler Abwässer. - <http://www.uni-greifswald.de/~laoekon/dbu-schilfprojekt.htm>
- DEPV (2002): Deponie Verordnung - Verordnung über Deponien und Langzeitlager (DepV), 24.07.02 (BGBl_I_02,2807), zuletzt geändert durch Art.2 der 2.Änderungsverordnung vom 12.08.04 (BGBl_I_04,2129)

- DIERSCHKE, H. & G. BRIEMLE (2002): Kulturgrasland. - Stuttgart
- DIERßEN, K. (1996): Vegetation Nordeuropas. - Stuttgart
- DIFU – Deutsches Institut für Urbanistik (2001): Flächenrecycling als kommunale Aufgabe
- DIHK – DEUTSCHE INDUSTRIE UND HANDELSKAMMER: <http://www.dihk.de/inhalt/ihk/>
- DÖHRER, K. (1994): Holz aus Kurzumtrieb auf landwirtschaftlichen Flächen, Holz-Zentralblatt, Nr. 133.
- DRACHENFELS V., O. (2004): Kartierschlüssel für Biotoptypen in Niedersachsen - unter besonderer Berücksichtigung der § 28 a NNatG geschützten Biotope. - Naturschutz und Landschaftspflege in Niedersachsen A/4; Hannover
- DREES K. T. (2000): Beschleunigter Stoffaustrag aus Reaktordeponien, Dissertation an der RWTH Aachen
- ELLENBERG, H. (1996): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. - Stuttgart
- ENGENHARDT, M. (2002): Rekultivierung von Deponieoberflächen mit Energiepflanzen, Vortrags- und Seminarreihe im Rahmen des EU-Projektes LSDN, Erneuerbare Energie, nachwachsende Rohstoffe
- ENGENHART, M. (2001): Rekultivierung von Deponieoberflächen mit Energiepflanzen. In: NÖ Landesakademie: Erneuerbare Energie – Nachwachsende Rohstoffe. Gemeindeverband für Abfallbeseitigung in der Region (GVA). Tulln.
- EUROPÄISCHE GEMEINSCHAFT (1999) Richtlinie 1999/31/EG des Rates vom 26. April 1999 über Abfalldeponien; Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften L182/1-19
- EUROPÄISCHE GEMEINSCHAFT (2001), LIFE-PROJEKT ENV/99/A/000390 EVAPASSOLD, Evaluierung und Erstabschätzung von Altablagerungen, Technischer Zwischenbericht, 31.08.2001, www.evapassold.at
- FLADE, M. (1994): Die Brutvogelgemeinschaften Mittel- und Norddeutschlands. Grundlagen für den Gebrauch vogelkundlicher Daten in der Landschaftsplanung. – IHW-Verlag. Eching. 669 S. + Anhang.
- FNR (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe) (Hrsg.) (2005): Leitfaden Bioenergie. Gülzow.
- FNR (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe) (Hrsg.) (2004): Handreichung Biogasgewinnung und –nutzung. Leipzig.
- FNR (Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe) (2000): Leitfaden Bioenergie. Gülzow.
- FRIEDRICH, E. (1995): Produktionsbedingungen für die Bewirtschaftung schnellwachsender Baumarten im Stockausschlagsbetrieb in kurzen Umtriebszeiten auf landwirtschaftlichen Flächen. In: Tagungsband Statusseminar Schnellwachsende Baumarten am 23. und 24. 10.1995 in Kassel. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. Gülzow.
- FRITSCHKE, U.R. (Öko-Institut e.V., Projektleitung) (2004): Stoffstromanalyse zur nachhaltigen energetischen Nutzung von Biomasse. Gefördert vom Bundesumweltministerium. Darmstadt.
- GASSNER, E. (1995): Das Recht der Landschaft. – Radebeul

- GUDAT, S., (2003): Erarbeitung eines Nachnutzungskonzeptes für eine stillgelegte Sonderabfalldeponie.
- HANDKE, K. & MENKE, K. (1995): Laufkäferfauna von Röhrichten und Grünlandbrachen – Naturschutz-Bedeutung feuchter Brachflächen in der Bremer Flussmarsch. – Naturschutz und Landschaftsplanung 27 (3): 106-114; Stuttgart.
- HARTMANN, H. & A. STREHLER (1995): Die Stellung der Biomasse im Vergleich zu anderen erneuerbaren Energieträgern aus ökologischer, ökonomischer und technischer Sicht. Schriftenreihe des Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. "Nachwachsende Rohstoffe", Band 3.
- HARTMANN, H. UND M. KALTSCHMITT (HRSG.) (2002): Biomasse als erneuerbarer Energieträger. Landwirtschaftsverlag. Münster.
- HARTMANN, H. UND M. KALTSCHMITT: Biomasse als erneuerbarer Energieträger. Landwirtschaftsverlag. Münster. 2002.
- HASCHKE, P. (1995): Der Anbau von Energiewald auf leichten Sand- und Kippböden und die Nutzung des forstwirtschaftlichen Energieholzpotentials
- HAUEPLER, H., G.H. LOOS, A. SARAZIN & B SURKUS (2004): Geobotanische Untersuchungen zum Vergleich von gentechnisch verändertem und "konventionellem" Raps. -Flor. Rundbr. Beih. 7, 135 S., Bochum
- IE (Institut für Energetik) (2003): Monitoring zur Wirkung der Biomasseverordnung auf Basis des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG). Im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit und des Umweltbundesamtes Berlin. Leipzig.
- ifu (Institut für Umweltinformatik) und ifeu (Institut für Energie- und Umweltforschung) 2004: Umberto® 4.3. Hamburg, Heidelberg.
- IWE (Institute of Water and Environment) (2003): Biomass Production on Landfill Sites. Cranfield University. Großbritannien.
<http://www.silsoe.cranfield.ac.uk/iwe/research/landfillsites.htm>
- JÄKEL, K. (2000): Grundlagen der Biogasproduktion - Bauen für die Landwirtschaft 3 [37]
- KAISER, T. & J.O. WOHLGEMUTH (2002): Schutz- Pflege und Entwicklungsmaßnahmen für Biotop in Niedersachsen. - Inform. D. Naturschutz Nieders. 22. Jg., Nr. 4, 169-242, Hildesheim
- KAISER, T. (1998): Bewertung im Rahmen eines Pflege- und Entwicklungsplanes - dargestellt am Beispiel des Naturschutzgroßprojektes „Lüneburger Heide. - Angewandte Landschaftsökologie, 18: 55-68; Bonn-Bad Godesberg
- KAISER, T. (1999): Bewertungsverfahren zur Ermittlung der Bedeutung der Vorkommen von Farn- und Blütenpflanzen für den Naturschutz. - Beedenbostel
- KALTSCHMITT, M. UND H. HARTMANN (HRSG.): Energie aus Biomasse. Springer-Verlag. Berlin Heidelberg. 2001
- Kern, M. und T. Raussen (2004): Verwertung biogener Abfälle nach EEG und Emissionshandelsrecht. In: ANS e.V.: EEG und Emissionshandel – Neue Chancen für Biomasse-

- nutzung und Abfallwirtschaft. 65. Informationsgespräche des ANS e.V. am 6. und 7. Dezember 2004. Braunschweig.
- KLINGENSTEIN, F. (2005): Gute und böse Arten. Zur Bewertung der „Biologischen Globalisierung“ durch den Naturschutz. – BfN Skript 128: 87-102, Bonn
- KOLLERT, W. (1988): Anbau schnellwachsender Laubbaumarten in Kurzumtrieben auf landwirtschaftlichen Nutzflächen, AFZ Nr. 30
- KORNECK, D., SCHNITTLER, M., VOLLMER, I. (1996): Rote Liste der Farn- und Blütenpflanzen (*Pteridophyta* et *Spermatophyta*) Deutschlands. - In: Bundesamt für Naturschutz (Hrsg.): Rote Liste gefährdeter Pflanzen Deutschlands. - Schriftenreihe für Vegetationskunde **28**: 21-187; Bonn-Bad Godesberg.
- KOWARIK, I. (1995): Ausbreitung nichteinheimischer Gehölzarten als Problem des Naturschutzes? - In: BÖCKER, R. et al. (1995a), 33-56.
- KOWARIK, I. (2003): Biologische Invasionen: Neophyten und Neozoen in Mitteleuropa. – Stuttgart 380 S.
- KRATZ, R., BELTING, S., FISCHER, M., GASSE, M., HIELSCHER, K., HUK, T., SANDKÜHLER, K., SUHLING, F. (2001): Management für Tierarten in Niedermoorgrünland.- In: Kratz, R., Pfadenhauer, J.: Öko-systemmanagement für Niedermooere: Strategien und Verfahren zur Renaturierung.- Eugen Ulmer Verlag: 154-174
- KRW-/ABFG (1994): Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Beseitigung von Abfällen (Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz); vom 27.09.1994; BGBl. I 1994 S 2705; BGBl. I 1996 S 1354)
- KRIEG, A. & T. FISCHER (2004): Energie aus Gras. - <http://www.kriegfischer.de/texte/EnergieausGras.pdf>
- KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V.) (1998): Landschaftspflege – Daten zur Kalkulation von Arbeitszeit und Maschinenkosten. Landwirtschaftsverlag GmbH. Münster-Hiltrup.
- KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft) (2002): KTBL-Taschenbuch Landwirtschaft – Daten für betriebliche Kalkulationen in der Landwirtschaft. 21. Auflage 2002/2003. Landwirtschaftsverlag. Münster.
- KUHN, W., R. BIEDERMANN & M. KLEYER (1998): Das Überleben von Tierpopulationen in der Kulturlandschaft: Die Bedeutung von Habitatqualität, Flächengröße und Isolation. Eine Multimedia-Bibliothek für die Ausbildung in Populationsökologie, Landschaftsökologie und Naturschutz.
- LAATZEN ONLINE (2003): www.laatzen/html/firstindex.html
- LAGA (2000): Arbeitsblätter zur Deponiestillegung; LAGA-Arbeitsgruppe Infiltration von Wasser in den Deponiekörper und Oberflächenabdichtungen und –abdeckungen, Themenbereich Oberflächenabdichtungen und-abdeckungen,
- LAK (Landesarbeitskreis überbetriebliche Maschinenverwendung) (2002): Verrechnungssätze für überbetriebliche Maschinenarbeit in Hessen – Richtwerte 2002/2003. LAG-Hessen. Griesheim.

- LAUTENSCHLAGER, D. & E. LAUTENSCHLAGER (1994): Die Weiden von Mittel- und Nordeuropa. - Basel
- LEMMER, A. & H. OECHSNER (2001): Kofermentation von Grüngut. Dokumentation zum 3. Graskraft-Seminar. Berlin: 21-27.
- LfU (Bayerisches Landesamt für Umweltschutz) (1998): Kostendatei für Maßnahmen des Naturschutzes und der Landschaftspflege. München.
- LOHMEYER, W. & SUKOPP, H. (1992): Agriophyten in der Vegetation Mitteleuropas. - Schr. Reihe Vegetationskde. 25: 1-185; Bonn-Bad Godesberg
- LOTTNER U. (1999): Technische Hinweise für Planung und Errichtung sowie Betrieb und Abschluss von Deponien im Rahmen der Umsetzung der TA Siedlungsabfall in Bayern, Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, München
- LWK (Landwirtschaftskammer) Hannover (2003): Umweltgerechte Verwertung in der Landwirtschaft – Kompost. Merkblätter für Beratung, Praxis und Vollzug Nr. Juni 2003. Hannover. <http://www.lwk-hannover.de>
- MÄHNERT, P., SCHNELLE, H. & M. HEIERMANN (2002): Futtergräser als Kosubstrat für die Biomethanisierung. - Bornimer Agrartechnische Berichte 32, Potsdam
- MAIXNER, M. & B. HOLZ (2003): Risiken für den Weinbau durch gebietsfremde Schaderreger.- http://www.bmvel-forschung.de/FORSCHUNGSREPORTRESSORT/DDD/R9_2003-2_0005.pdf
- Malten, A., Bönsel, D., Fehlow, M. & G. Zizka (2002): Erfassung von Flora, Fauna und Biotoptypen im Umfeld des Flughafens Frankfurt am Main. - http://www.senckenberg.de/files/content/forschung/abteilung/botanik/phanerogamen1/pro2_1_g.pdf
- MÜLLER-SÄMANN, K.M., REINHARDT, G., VETTER, R., GÄRTNER, S. (2003): Nachwachsende Rohstoffe in Baden-Württemberg: Identifizierung vorteilhafter Produktlinien zur stofflichen Nutzung unter besonderer Berücksichtigung umweltgerechter Anbauverfahren. Forschungsbericht FZKA-BWPLUS. Heidelberg, Mühlheim.
- NIXON, D.J., STEPHENS, W., TYRREL, S.F. UND E.D.R. BRIERLEY (2001): The potential for short rotation energy forestry on restored landfill caps. In: Bioresource Technology 77 (2001), S. 237-245. Barking, Essex.
- ÖKOBASE: Geschäftsführer Clemens Hölter, HRB Wuppertal; www.oekobase.de.
- OPPERMANN, R. & A. CLAßEN (1998): Naturverträgliche Mähtechnik – Moderne Mähgeräte im Vergleich.- Grüne reihe NABU, Landesverb. Baden-Württemberg.
- OPPERMANN, R. (2004): Bundesprogramm ökologischer Landbau.- Naturschutz und Ökolandbau.- Status quo und Empfehlungen.- NABU-Institut für Landschaftsökologie und Naturschutz. Singen
- PALM, SCHMITT-TEGGE, SONDERMANN (2003): Leitfaden zur Deponiestilllegung [VKS/ADVWK]
- PLACHTER, H., D. BERNOTAT, R. MÜSSNER & U. RIECKEN (2002): Entwicklung von Methodenstandards im Naturschutz. Schriftenreihe Landschaftspflege und Naturschutz 70. 566 S.

- PLÖCHL, M., HEIERMANN, M., LINKE, B. & H. SCHELLE (2001): Wieviel Strom bringen Pflanzen. - Neue Landwirtschaft 3: 42-45.
- POTT, R. (1996): Biotoptypen. - Stuttgart
- REICHHOLF, J. (1996): Wie problematisch sind Neozoen wirklich? Gebietsfremde Tierarten - Auswirkungen auf einheimische Arten, Lebensgemeinschaften und Biotope. Situationsanalyse. - ecomed Verlagsgesellschaft, Landsberg: 37-48.
- REINHARDT, G. UND G. ZEMANEK 2000: Ökobilanz Bioenergieträger – Basisdaten, Ergebnisse, Bewertungen. Erich Schmidt Verlag. Berlin.
- REINHARDT, G. UND M. KALTSCHMITT (1997): Nachwachsende Energieträger. Vieweg. Braunschweig/Wiesbaden.
- RETTENBERGER, G. (2001): Möglichkeiten zur Nachnutzung von Abfalldeponien, 62. Informationsgespräch des ANS e.V., Abluftbehandlung bei MBA und Deponiebetrieb – Konsequenzen für die Praxis, Kaiserslautern
- Richtlinie 92/43/EWG des Rates vom 21. Mai 1992 über die Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen („Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie“ oder kurz „FFH-Richtlinie“).
- RIECKEN, E., RIES, U., SSYMANK, A. (1994): Rote Liste der gefährdeten Biotoptypen der Bundesrepublik Deutschland. - Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz 41: 184S., Bonn-Bad Godesberg
- RIECKEN, U., P. FINCK, U. RATHS, E. SCHRÖDER & A. SSYMANK (2003): Standard-Biotoptypenliste für Deutschland. -in: Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz, H. 75,1-65, Bonn-Bad Godesberg
- RÖDEL, A. (2002): was kostet eine Oberflächenabdichtung im Vergleich? aus: www.deponiestief.de
- RÖSCH, C. (1996): Vergleich stofflicher und energetischer Wege zur Verwertung von Bio- und Grünabfällen unter besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse in Baden-Württemberg. Dissertation. Universität Hohenheim.
- SCHEFFER, K. (1998): Ein produktives, umweltschonendes Ackernutzungskonzept zur Bereitstellung von Energie und Wertstoffen aus der Vielfalt der Kulturpflanzen - Ansätze für neue Wege. Dokumentation des Fachkongresses "Biomasse: Umweltschonender Energie- und Wertstofflieferant der Zukunft" am 18./19.03.98. Beiträge der Akademie für Natur- und Umweltschutz Baden-Württemberg 27.
- SCHEFFER, K. (2003): Der Anbau von Energiepflanzen als Chance einer weiteren Ökologisierung der Landnutzung. - Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 14: 114-119
- SCHLÜTER, U., BARTH, A. & HEBBELMANN, H. (1996): Rekultivierung von Hausmülldeponien. Neue Versuche für Vegetationsansiedlungen in Hannover. Naturschutz u. Landschaftsplanung, 28 (1996) H. 9: 280-28
- SCHMIDTKE, K., RAUBER, R. UND KÖHLER, K. (1998): Ertragsbildung von Fasernesseln (*Urtica dioica* L.). In: Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 11, 107-108.

- SCHOLZ, V., HELLBRAND, H.J. UND HÖHN, A. (2003): Umweltverträgliche Energie- und Industripflanzenkonzentration. In: 9. Internationaler Kongress für nachwachsende Rohstoffe und Pflanzenbiotechnologie. 16.-17.06.2003. Magdeburg.
- SCHRÖTER, F. (2001): Flächenverbrauch in der Bundesrepublik Deutschland, www-public.tu-bs.de:8080/~schroete/Bodenverbrauch/Aktueller_Stand.htm
- SSYMANK, A., HAUCKE, U., SCHRÖDER, E., RÜCKRIEM, C. & E. SCHRÖDER (1998): Das europäische Schutzgebietssystem NATURA 2000: BfN-Handbuch zur Umsetzung der Fauna-Flora-Habitatrichtlinie (92/43/EWG) und der Vogelschutzrichtlinie (79/40)/EWG). - Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz, 53: 565; Bonn-Bad Godesberg.
- STATISTISCHES BUNDESAMT (2002): Bodenflächen nach Art der tatsächlichen Nutzung, www.destatis.de
- STIEF K. (1999): Bau- und Betriebskosten der Abfalldeponie nach TA Siedlungsabfall, 1. Saarländische Abwasser- und Abfalltage, Tagungsunterlagen, Entsorgungsverband Saar
- STIEF K. (2001): Gedanken zur Nutzung stillgelegter Deponien, Einfluss von Deponien auf das Grundwasser – Gefährdung, Prognose, Maßnahmen -, Beiträge zur Abfallwirtschaft, Tagungsband der Fachtagung vom 11.12.2001, Technische Universität Dresden;
- STIEF, K. (2004): <http://www.deponie-stief.de>.
- TA ABFALL (1997): Zweite allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz vom 12.03.1991 (GMBI. I S 139, ber.S.467)
- TASI (1993): Technische Anleitung zur Verwertung, Behandlung und sonstigen Entsorgung von Siedlungsabfällen. Vom 14. Mai 1993 (BAnz. S. 4967 und Beilage).
- TILLMANN O. (2002): Räumliche Differenzierung („Zonierung“) und Naturausstattung (Schwerpunkt: Zeigertiere) von Feuchtgebieten, Phillips-Universität Marburg, Fachbereich Geographie
- TLL (Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt) (2003): Anbautelegramm für die Fasernessel (*Urtica dioica* L.). Jena.
- UBA (1995): Ökobilanz für Getränkeverpackungen. UBA-Texte 52/95. Berlin.
- UBA (1997): Daten zur Umwelt 1997, www.uba.de
- UBA (2001): Revitalisierung von Altstandorten.
www.umweltbundesamt.de/altlast/web1/berichte/gwiese/gwiese01.htm
- UBA (2002): Bundesweite Übersicht zur Altlastenerfassung. Stand 1998. www.uba.de
- UBA (2002): Entwicklung der Anzahl der in Deutschland betriebenen Hausmülldeponien. www.uba.de
- UBA (2002): Umweltatlas 2002 (Ökobase)
- UBA (2004): Prozessorientierte Basisdaten für Umweltmanagement-Instrumente (Probas). <http://www.probas.umweltbundesamt.de>
- Unsel, R. (1998): Kurzumtriebsbewirtschaftung auf landwirtschaftlichen Grenzertragsböden: Biomasseproduktion und bodenökologische Auswirkungen verschiedener Baumarten. Dissertation. Shaker Verlag. Aachen.

- UNSELD, R.: Kurzumtriebsbewirtschaftung auf landwirtschaftlichen Grenzertragsböden. Dissertation. Albert-Ludwigs-Universität zu Freiburg im Breisgau. Shaker-Verlag. Aachen. 1998.
- UNSELD, R.: Kurzumtriebsbewirtschaftung auf landwirtschaftlichen Grenzertragsböden. Dissertation. Albert-Ludwigs-Universität zu Freiburg im Breisgau. Shaker-Verlag. Aachen. 1998.
- VKS/ATV-DVWK (2003): Leitfaden zur Deponiestilllegung; Verband Kommunale Abfallwirtschaft und Stadtreinigung e.V.; ATV-DVWK Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.
- WATTENDORF, P. (2001): Anforderungen an die Bepflanzung von Deponien aus deponietechnischer, forstwirtschaftlicher und landespflegerischer Sicht – eine Gratwanderung zwischen landespflegerischen Zielen und der langfristigen Sicherung des Deponiebauwerkes, 4. Deponieseminar „Oberflächenabdichtung und Rekultivierung von Deponien“, Geologisches Landesamt Rheinland-Pfalz
- WIEMER, K. (2002): Mineralische Kombinationsdichtung als technisches Element des nachsorgefreien Deponieabschlusses

Anhang

Anhang 1: Deponieflächen in Deutschland (Auszugsweise) [ÖKOBASE, UBA, 2002]

Neue Bundesländer		Alte Bundesländer	
Bezeichnung	Fläche [ha]	Bezeichnung	Fläche [ha]
Langebrücker Str.	22	Bergow	41
Bablitz	9,6	Höfer Kragen	50
Gröben	14	Wesendorf	52
Memersdorf	15	Woltersdorf	5,4
Nadelwitz	16	Borg Hillen	12
Radgendorf	35	Hannover	24
Saspow Cottbus	25	Kohlenfeld	140
Forst	18,5	Skolem	38
Seehausen	21	Pohlsche Heide	8,8
Cröben	50 +	Hellsieh	80
Döbeln	12,6	Elsen-Walle	21
Luttnitz	7	Hofgeisumer	91
Torgau	13,5	Dremeslsee	28
Halle-Lockau	305	Flechtorf	25
Scherbelberg	10,5	Assler	27,2
Edersleben	8	Kalbach	53
Nauenburg	50	Am Mittelrück	19,5
Brifa I	25	Deiderode	40
Zschornewitz	17	Weidenhausen	29
Dessau	24,6	Beinroch	20
Wiewörthe	15	Hattorf	36
Gresa-Untitz	12	Watenbüttel	35
Durchschnittliche Fläche [ha]	33	Durchschnittliche Fläche [ha]	40

Anhang 2: Allgemeine Einschätzung aus Sicht des Tierartenschutzes und Auswahl von Leit- und Zielarten, die unter Betrachtung der Anbauvarianten I - III der Energiepflanzen auftreten können.

Grünland		
ausschließlich naturschutzfachlich	EG-ÖKO-VERORDNUNG	gute landwirtschaftliche Praxis
Variante I	Variante II	Variante III
Bedeutung: Lebensraum einer insgesamt wahrscheinlich artenreichen Zönose mit allerdings sicherlich nur wenigen stenotopen Arten, so dass es schwerfällt, geeignete Zielarten zu benennen; gefährdete Arten sicherlich nur in einzelnen Fällen		Bedeutung: Lebensraum einer in einzelnen Tiergruppen verhältnismäßig artenreichen Zönose (z. B. Laufkäfer), ansonsten aber artenarm; bestehend aus verbreitet und dabei
Zielarten (Auswahl):		

<ul style="list-style-type: none"> • Heuschrecken: <ul style="list-style-type: none"> - <i>Chorthippus biguttulus</i> - <i>Chorthippus dorsatus</i> - <i>Chorthippus parallelus</i> - <i>Metrioptera roeselii</i> - <i>Tetrix subulata</i> (Störstellen!) • Laufkäfer: <ul style="list-style-type: none"> - <i>Amara aulica</i> - <i>Epaphius secalis</i> - <i>Pterostichus minor</i> 	<p>zumeist in großer Zahl vorkommenden, nicht gefährdeten Arten ohne besondere Lebensraumanprüche</p> <p>Zielarten (Auswahl) (Vorkommen auch im Bereich der linken Spalte):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Heuschrecken: <ul style="list-style-type: none"> - <i>Chorthippus albomarginatus</i> • Laufkäfer: <ul style="list-style-type: none"> - <i>Amara communis</i> - <i>Anisodactylus binotatus</i> - <i>Clivina fossor</i> - <i>Dyschirius globosus</i> - <i>Harpalus latus</i> - <i>Harpalus rufipes</i> - <i>Poecilus versicolor</i> - <i>Pterostichus melanarius</i> - <i>Pterostichus niger</i> - <i>Pterostichus vernalis</i>
---	---

Gras- und Staudenfluren		
ausschließlich naturschutzfachlich	EG-ÖKO-VERORDNUNG	gute landwirtschaftliche Praxis
Variante I	Variante II	Variante III
<p>Bedeutung: Lebensraum einer artenreichen Zönose (z. B. Nachtschmetterlinge, Lauf-, Blatt- und Rüsselkäfer, Wildbienen); bestehend aus zwar verbreitet, aber stets nur in mehr oder weniger geringer Zahl vorkommenden Arten, unter denen sich gefährdete Arten mit besonderen Lebensraumanprüchen befinden; Zusammensetzung der Zönose bei einigen Tiergruppen stark abhängig vom Futterpflanzenangebot (z. B. Nachtschmetterlinge)</p> <p>Zielarten (Auswahl):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nachtschmetterlinge: <ul style="list-style-type: none"> - <i>Actinotia polyodon</i> - <i>Callophasia lunula</i> - <i>Catarhoe cuculata</i> - <i>Cucullia artemisiae</i> - <i>Cucullia chamomillae</i> - <i>Cucullia scrophulariae</i> - <i>Cucullia umbraticae</i> - <i>Cucullia verbasci</i> - <i>Emmelia trabecalis</i> - <i>Eupithecia linariata</i> - <i>Eupithecia pimpinellata</i> - <i>Eupithecia venosata</i> - <i>Gortyna flavago</i> - <i>Hadena bicruris</i> - <i>Hadena rivularis</i> - <i>Hecatera bicolorata</i> - <i>Heliophobus reticulata</i> - <i>Macdunnougia confusa</i> - <i>Odezia atrata</i> - <i>Procris statices</i> - <i>Tyta luctuosa</i> - <i>Zygaena filipendulae</i> <p>Zusätzlich viele an Gräser gebundene Arten!</p>	<p>Bedeutung: Lebensraum einer artenreichen Zönose (z. B. Nachtschmetterlinge, Lauf-, Blatt- und Rüsselkäfer, Wildbienen); bestehend aus verbreitet und dabei oftmals in großer Zahl vorkommenden Arten, darunter mitunter gefährdete Arten mit besonderen Lebensraumanprüchen; Zusammensetzung der Zönose bei einigen Tiergruppen stark abhängig vom Futterpflanzenangebot (z. B. Nachtschmetterlinge)</p> <p>Zielarten (Auswahl) (Vorkommen auch im Bereich der linken Spalte):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nachtschmetterlinge: <ul style="list-style-type: none"> - <i>Abrostola tripartita</i> - <i>Abrostola triplasia</i> - <i>Aplocera efformata</i> - <i>Aplocera plagiata</i> - <i>Callistege mi</i> - <i>Campptogramma bilineata</i> - <i>Chiasma clathrata</i> - <i>Cosmorhoe ocellata</i> - <i>Diachrysia chrysitis</i> - <i>Dypterygia scabriuscula</i> - <i>Epirrhoe alternata</i> - <i>Epirrhoe rivata</i> - <i>Epirrhoe tristata</i> - <i>Euclidia glyphica</i> - <i>Eulithis pyraliata</i> - <i>Eupithecia absinthiata</i> - <i>Eupithecia centaureata</i> - <i>Eupithecia icterata</i> - <i>Eupithecia succenturiata</i> - <i>Eupithecia trisignaria</i> - <i>Hypena proboscidalis</i> - <i>Lygephila pastinum</i> - <i>Perizoma alchemillata</i> - <i>Timandra griseata</i> - <i>Xanthorhoe ferrugata</i> 	<p>Bedeutung: Lebensraum einer in einzelnen Tiergruppen verhältnismäßig artenreichen Zönose (z. B. Laufkäfer); bestehend aus verbreitet und dabei zumeist in großer Zahl vorkommenden, nicht gefährdeten Arten ohne besondere Lebensraumanprüche; Zusammensetzung der Zönose bei einigen Tiergruppen stark abhängig vom Futterpflanzenangebot (z. B. Nachtschmetterlinge, Blatt- und Rüsselkäfer)</p> <p>Zielarten (Auswahl) (Vorkommen auch im Bereich der linken Spalten):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nachtschmetterlinge: <ul style="list-style-type: none"> Einzelne Arten aus der mittleren Spalte; Zielartenauswahl später in Abhängigkeit vom Futterpflanzenangebot treffen. • Laufkäfer: <ul style="list-style-type: none"> - <i>Amara familiaris</i> - <i>Amara plebeja</i> - <i>Amara similata</i> - <i>Bembidion tetracolum</i> - <i>Calathus fuscipes</i> - <i>Calathus melanocephalus</i> - <i>Harpalus affinis</i> - <i>Harpalus rufipes</i> - <i>Nebria brevicollis</i> - <i>Notiophilus palustris</i> - <i>Trechus obtusus</i> - <i>Trechus quadristriatus</i> • Blattkäfer: <ul style="list-style-type: none"> - <i>Asiorestia transversa</i> - <i>Cassida denticollis</i> - <i>Cassida rubiginosa</i> - <i>Cassida vibex</i> - <i>Chrysolina fastuosa</i> - <i>Chrysolina varians</i>

<ul style="list-style-type: none"> • Laufkäfer: <ul style="list-style-type: none"> - <i>Amara anthobia</i> - <i>Amara convexuscula</i> - <i>Amara eurynota</i> - <i>Bradycellus caucasicus</i> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Bradycellus csikii</i> - <i>Bradycellus verbasci</i> - <i>Calathus ambiguus</i> - <i>Demetrius monostigma</i> - <i>Harpalus luteicornis</i> - <i>Microlestes minutulus</i> - <i>Ophonus puncticeps</i> - <i>Panageus bipustulatus</i> - <i>Paradromius linearis</i> • Blattkäfer: <ul style="list-style-type: none"> - <i>Chrysolina hyperici</i> - <i>Cryptocephalus aureolus</i> - <i>Cryptocephalus graminis</i> - <i>Cryptocephalus vittatus</i> - <i>Lema cyanella</i> - <i>Longitarsus exsoletus</i> - <i>Mantuca rustica</i> 	<p>Zusätzlich viele an Gräser gebundene Arten!</p> <ul style="list-style-type: none"> • Laufkäfer: <ul style="list-style-type: none"> - <i>Amara apricaria</i> - <i>Amara aulica</i> - <i>Amara bifrons</i> - <i>Amara convexior</i> - <i>Amara fulva</i> - <i>Bembidion properans</i> - <i>Calathus erratus</i> - <i>Harpalus rubripes</i> - <i>Harpalus tardus</i> - <i>Notiophilus aquaticus</i> - <i>Ophonus rufibarbis</i> - <i>Philorhizus melanocephalus</i> - <i>Syntomus truncatellus</i> - <i>Synuchus vivalis</i> • Blattkäfer: <ul style="list-style-type: none"> - <i>Cassida sanguinolenta</i> - <i>Chrysolina sanguinolenta</i> - <i>Chrysolina sturmi</i> - <i>Cryptocephalus sericeus</i> - <i>Longitarsus anchusae</i> - <i>Longitarsus atricillus</i> - <i>Longitarsus jacobaeae</i> - <i>Longitarsus nasturtii</i> - <i>Longitarsus tabidus</i> - <i>Sphaeroderma rubidum</i> 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Cryptocephalus moraei</i> - <i>Cryptocephalus vittatus</i> - <i>Gastrophysa polygoni</i> - <i>Gastrophysa viridula</i> - <i>Longitarsus succineus</i> - <i>Longitarsus suturellus</i> - <i>Mantuca chrysanthemi</i> - <i>Sphaeroderma testaceum</i>
---	---	---

Landröhrichte und feuchte bis nasse Staudenfluren		
ausschließlich natur-schutzfachlich	EG-ÖKO-VERORDNUNG	gute landwirtschaftliche Praxis
Variante I	Variante II	Variante III
<p>Bedeutung: Lebensraum oder Teillebensraum, z. B. Winterquartier, Nistplatz, einer artenreichen Zönose, bestehend aus Arten diverser Tiergruppen (z. B. Eulenfalter, Marienkäfer, Halm- und Minierfliegen, Zikaden, Spinnen), darunter viele anspruchsvolle, gefährdete Arten; hierzu gehören wohl auch einige Laufkäferarten, deren Bindung noch näher erforscht werden müsste (vgl. HANDKE & MENKE 1995).</p> <p>Zielarten (Auswahl):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Eulenfalter: <ul style="list-style-type: none"> - <i>Archanara geminipuncta</i> - <i>Archanara sparganii</i> - <i>Coenobia rufa</i> - <i>Mythimna straminea</i> • Heuschrecken: <ul style="list-style-type: none"> - <i>Conocephalus dorsalis</i> • Zikaden: <ul style="list-style-type: none"> - <i>Kelisia guttulata</i> - <i>Kelisia pallidula</i> • Spinnen: <ul style="list-style-type: none"> - <i>Baryphyma pratense</i> - <i>Donacochara speciosa</i> 	<p>Bedeutung: Lebensraum oder Teillebensraum, z. B. Winterquartier, Nistplatz, einer mäßig artenreichen Zönose, bestehend aus Arten diverser Tiergruppen (s. nebenstehend); darunter vielfach zwar verbreitete, jedoch gefährdete anspruchsvolle Arten</p> <p>Zielarten (Auswahl) (Vorkommen auch im Bereich der linken Spalte):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Eulenfalter: <ul style="list-style-type: none"> - <i>Apamea ophiogramma</i> - <i>Arenostola phragmitides</i> - <i>Mythimna obsoleta</i> - <i>Nonagria typhae</i> • Heuschrecken: <ul style="list-style-type: none"> - <i>Stethophyma grossum</i> • Marienkäfer: <ul style="list-style-type: none"> - <i>Coccidula scutellata</i> - <i>Hippodamia 13-punctata</i> • Blattkäfer: <ul style="list-style-type: none"> - <i>Plateumaris consimilis</i> - <i>Plateumaris rustica</i> • Zikaden: <ul style="list-style-type: none"> - <i>Cicadula flori</i> - <i>Cicadula frontalis</i> - <i>Paralimnus phragmitis</i> • Spinnen: <ul style="list-style-type: none"> - <i>Clubiona stagnatilis</i> 	<p>Bedeutung: Lebensraum oder Teillebensraum, z. B. Winterquartier, Nistplatz, einer artenarmen Zönose; verbreitete Arten ohne besondere Ansprüche, in der Regel nicht gefährdet</p> <p>Zielarten (Auswahl) (Vorkommen auch im Bereich der linken Spalten):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Eulenfalter: <ul style="list-style-type: none"> - <i>Mythimna impura</i> - <i>Mythimna pudorina</i> • Marienkäfer: <ul style="list-style-type: none"> - <i>Anisosticta 19-punctata</i> - <i>Coccidula rufa</i> • Blattkäfer: <ul style="list-style-type: none"> - <i>Lythraia salicariae</i> • Spinnen: <ul style="list-style-type: none"> - <i>Clubiona phragmitis</i>

	- <i>Hypomma fulvum</i> - <i>Marpissa radiata</i>	
--	--	--

Gehölze/Bäume		
ausschließlich natur- schutzfachlich	EG-ÖKO-VERORDNUNG	gute landwirtschaftliche Praxis
Variante I	Variante II	Variante III
<p>Bedeutung: Entwicklungsort oder Nahrungsplatz anspruchsvoller und damit oftmals gefährdeter Arten, Wahrscheinlichkeit des Auftretens nimmt mit dem Alter der Pflanzenbestände zu, Zönose besteht aus Arten diverser Tiergruppen (z. B. Nachtschmetterlinge, Blattwespen)</p> <p>Zielarten (Auswahl hier nur der an Weidengehölze gebundenen Arten):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nachtschmetterlinge: <ul style="list-style-type: none"> - <i>Brachylomia viminalis</i> - <i>Cerura vinula</i> - <i>Clostera pigra</i> - <i>Furcula bifida</i> - <i>Notodonta tritophus</i> - <i>Sesia formicaeformis</i> • Blattwespen: <ul style="list-style-type: none"> - <i>Allantus togatus</i> - <i>Amauronematus viduatus</i> - <i>Nematus ferrugineus</i> - <i>Nematus hypoxanthus</i> - <i>Nematus melanaspis</i> - <i>Nematus miliaris</i> - <i>Nematus salicis</i> - <i>Pontania versicator</i> - <i>Pontania virilis</i> - <i>Pristiphora confusa</i> - <i>Pristiphora conjugata</i> 	<p>Bedeutung: Entwicklungsort oder Nahrungsplatz verbreiteter, aber regional seltener Arten, Zönose besteht aus Arten diverser Tiergruppen (z. B. Nachtschmetterlinge, Blattwespen)</p> <p>Zielarten (Auswahl hier nur der an Weidengehölze gebundenen Arten) (Vorkommen auch im Bereich der linken Spalte):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nachtschmetterlinge: <ul style="list-style-type: none"> - <i>Catocala nupta</i> - <i>Clostera curtula</i> - <i>Earias clorana</i> - <i>Parastichtis ypsillon</i> • Blattkäfer: <ul style="list-style-type: none"> - <i>Chrysomela saliceti</i> - <i>Cryptocephalus biguttatus</i> - <i>Amauronematus histrio</i> - <i>Amauronematus vittatus</i> - <i>Nematus bergmanni</i> - <i>Phyllocolpa leucapsis</i> - <i>Pontania bridgmanii</i> - <i>Pontania proxima</i> 	<p>Bedeutung: Entwicklungsort oder Nahrungsplatz verbreiteter, im Allgemeinen häufiger Arten, Zönose besteht aus Arten diverser Tiergruppen (z. B. Nachtschmetterlinge, Blattkäfer, Blattwespen)</p> <p>Zielarten (Auswahl hier nur der an Weidengehölze gebundenen Arten) (Vorkommen auch im Bereich der linken Spalten):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nachtschmetterlinge: <ul style="list-style-type: none"> - <i>Apatele megacephala</i> - <i>Laothoe popul</i> - <i>Notodonta ziczac</i> - <i>Pheosia tremula</i> - <i>Smerinthus ocellatus</i> - <i>Tethea or</i> - <i>Xanthia icteritia</i> - <i>Xanthia togata</i> • Blattkäfer: <ul style="list-style-type: none"> - <i>Chrysomela populi</i> - <i>Crepidodera aurata</i> - <i>Crepidodera aurea</i> - <i>Crepidodera nitidula</i> - <i>Cryptocephalus pusillus</i> - <i>Gonioctena rufipes</i> - <i>Lochmaea capreae</i> - <i>Luperus longicornis</i> - <i>Neogalerucella lineola</i> - <i>Phratora laticollis</i> - <i>Phratora vitellinae</i> - <i>Phratora vulgatissima</i> • Blattwespen: <ul style="list-style-type: none"> - <i>Arge enodis</i> - <i>Arge fuscipes</i> - <i>Arge ustulata</i> - <i>Phyllocolpa leucosticta</i> - <i>Pristiphora melanocarpa</i>