



INGENIEURBÜRO H.-H. TURK
BERATENDE INGENIEURE VBI

WASSER ABWASSER ABFALL VERKEHR LANDSCHAFT



Projekt:
Abfallentsorgungsanlage
Beverungen-Wehrden

Abschlußbericht über die Erstellung eines ganzheitlichen
Energie- und Klimaschutzkonzeptes.

Brakel/Lichtenau, März 2010

vorgelegt durch: **Ingenieurbüro Hans-Hugo Turk**
Beratende Ingenieure VBI
Steinbreite 14
33034 Brakel-Siddessen
Tel.: (05648) 9807 - 0

EWO Energietechnologie GmbH
Mühlenstr. 9
33165 Lichtenau
Tel.: (05295) 996 200

Vorwort

Eine wesentliche Aufgabe der Gegenwart und der Zukunft ist die Umsetzung einer sicheren, umweltfreundlichen und wirtschaftlichen Energieversorgung. Dabei sind sowohl die Versorgung, also die Deckelung des Bedarfs, als auch der Bedarf selbst zu optimieren. Das Idealbild ist ein optimierter Bedarf, der vollständig aus regenerativen Energien gedeckt wird.

Bei der Verfolgung dieses Zieles ist von der heutigen Situation auszugehen und daraus die Zukunft zu entwickeln. Diese Entwicklung betrifft viele Bereiche, im Kleinen beispielsweise die Energieversorgung eines einzelnen Hauses oder Betriebes und im Großen die Versorgung von einzelnen Regionen und Ländern. Vor Ort stellen Energiekonzepte sinnvolle Methoden zur Weiterentwicklung der Energieversorgung dar. Der Startpunkt eines jeden Energiekonzeptes ist die Darstellung des aktuellen Bedarfs und der vorhandenen Versorgungsstruktur. Darauf aufbauend werden technische Möglichkeiten unter Berücksichtigung der gesetzlichen, ökonomischen und ökologischen Grundlagen betrachtet und eine Leitlinie für die zukünftige Bedarfsdeckung geschaffen.

Eine wesentliche Zielsetzung des folgenden Energiekonzeptes ist die ökologische und ökonomische Bewertung der Möglichkeiten zur Minimierung des Energieverbrauchs und der nachhaltigen Eigenversorgung mit regenerativer Energie.

Inhaltsverzeichnis

1	Aufgabenstellung und Zielsetzung.....	1
2	Bestandsaufnahmen und Analysen	3
2.1	Gliederung der Abfallentsorgungsanlage.....	3
2.2	Energieversorgungsunternehmen.....	5
2.2.1	E.ON Westfalen Weser AG.....	5
2.2.2	Übergabestation	6
2.3	Energiebedarf.....	6
2.4	Energiebilanz.....	10
2.4.1	Energiebilanz des Wärmemarktes	10
2.4.2	Energiebilanz des Strommarktes	11
2.4.3	Strom- und Brennstoffpreise	11
3	Entwicklung des Energiebedarfs bis 2030	12
4	Potentiale für regenerative Energieträger	14
4.1	Sonnenenergie	16
4.1.1	Nutzung der Sonnenenergie	17
4.1.2	Speicherung der Sonnenenergie.....	18
4.2	Windenergie	19
4.2.1	Stromerzeugung	20
4.3	Biomasse	23
4.3.1	Biomasseheizkraftwerk (BMHKW).....	23
4.3.2	Funktionsweise	23
4.3.3	Brennstoffe	24
4.3.4	Entwicklung.....	25
4.4	Deponiegasverwertung.....	27
4.4.1	Entstehung der Deponiegasproduktion	27
4.4.2	Allgemeine Grundlagen der Gasproduktion	29
4.4.3	Formen der aktiven Deponieentgasung	30
5	Technische Teilkonzepte.....	32
6	Sickerwasserreinigung	33
6.1	Sonnenenergie	36
6.2	Windenergie	47
6.3	Biomasse	48

6.3.1	Biogas.....	48
6.3.2	Holzhackschnitzelheizwerk	50
6.3.3	Fernwärmeversorgung externer Liegenschaften...	53
6.3.3	Holzhackschnitzelkraftwerk mit ORC-Technik.....	56
6.4	Latentwärmespeicher	59
6.5	Deponiegasverwertung.....	61
7	Fördermaßnahmen und Zuschüsse.....	65
8	Umsetzung und Maßnahmen	66
8.1	Empfohlene Handlungsschritte	66
8.2	Vorschläge zur Co-Finanzierung der Maßnahmen über Emissionshandel	69
9	Zusammenfassung und Empfehlung	73

Anhang:

- Windgutachten
- Wirtschaftlichkeitsberechnung
- Lageplan der Deponie mit Flächen für PV-Anlagen
- Fotodokumentation Gelände Deponie Wehrden
- Daten Latentwärmespeicher Fa. LaTherm
- Literatur- und Informationsnachweise
- Datengrundlagen des Krs. Höxter

1 Aufgabenstellung und Zielsetzung

Die ehemalige Kreisabfalldeponie Wehrden liegt ca. 1,3 km von der Ortschaft Wehrden entfernt in nordöstlicher Richtung an der Bundesstraße 68. Im näheren Umfeld befinden sich Wälder und landwirtschaftlich genutzte Flächen. Die Abfallentsorgungsanlage besteht aus folgenden Betriebsbereichen:

- ⚡ Deponie
- ⚡ Eingangsbereich
- ⚡ Recyclinghof
- ⚡ Kleinanlieferstation
- ⚡ Elektronikschrottsortierung
- ⚡ Schadstoffsammelstation
- ⚡ Sickerwasserbehandlungsanlage
- ⚡ Deponiegasverwertung

Die Deponie ist in vier Verfüllabschnitte aufgeteilt, wovon heute die ersten drei abgeschlossen sind. Die Verfüllung des vierten Abschnittes erfolgt zurzeit mit inerten Abfällen und weist aktuell noch Restverfüllvolumen für die nächsten zwei bis drei Jahre auf.

Für die osmotische Sickerwasserbehandlung werden jährlich zwischen 600.000 und 900.000 kWh elektrischer Strom und 3 bis 4 GWh Wärme - erzeugt aus Deponiegas - benötigt. Aufgrund der Endlichkeit der Verwertung des Deponiegases sollen Überlegungen angestellt werden, wie zukünftig der hohen Bedarf an Energie, unter der Berücksichtigung von ökologischen und ökonomischen Gesichtspunkten, gestellt werden kann.

Das nachfolgende Energie- und Klimaschutzkonzept zeigt Wege auf, wie der Kreis auch nach Ende der Deponiegasverwer-

tung mit anderen regenerativen Energieträgern den Betrieb der Abfallentsorgungsanlage klimaschonend weiterführen kann.

Nach Quantifizierung und Würdigung der wesentlichen wirtschaftlichen, technischen, ökologischen und sonstigen entscheidungsrelevanten Aspekten der erarbeiteten Konzepte und Optionen gibt das Gutachten eine Leitlinie für die örtliche Abgrenzung der leistungsgebundenen Energieträger und eine eindeutige Empfehlung für die Realisierung der untersuchten Einzelmaßnahmen.

2 Bestandsaufnahmen und Analysen

In diesem Abschnitt werden alle für ein nachhaltiges Energie- und Klimaschutzkonzept notwendigen geographischen, klimatischen und energetischen Grundlagen und Informationen aufgezeigt, welche zur Erarbeitung des Energie- und Klimaschutzkonzeptes benötigt werden.

Dieser Abschnitt bildet die Arbeitsgrundlage für das folgende Energie- und Klimaschutzkonzept.

2.1 Gliederung der Abfallentsorgungsanlage

Die Abfallentsorgungsanlage Beverungen-Wehrden ist als letzte Deponie für Siedlungsabfälle des Kreises Höxter bis Mitte des Jahres 2005 betrieben worden und liegt ca. 8 km südlich von Höxter an der Bundesstraße B 83. Schon ab 1973 wurde diese Deponie zum Ablagern von Siedlungsabfällen durch die Stadt Beverungen genutzt. Die in der Zeit von 1973 bis 1980 als Deponie genutzte Grube entstand durch Entnahme von Ton für eine ehemalige Ziegelei. Dieser Teil ist heute als die nördliche Hälfte der Deponie mit einer schon vorhandenen Rekultivierung zu erkennen. Insgesamt 3 Verfüllabschnitte liegen in diesem Bereich und sind heute bereits rekultiviert. Die gesamte Abfallentsorgungsanlage verfügt heute über eine Gesamtgröße von insgesamt ca. 12,7 ha und über eine Ablagerungsfläche von ca. 9,8 ha. Der vierter Verfüllabschnitt wird aktuell mit inerten Abfällen befüllt und weist noch Kapazitäten für ca. 2 Jahre auf (*siehe Abb. 1: Lageplan der Deponie*).

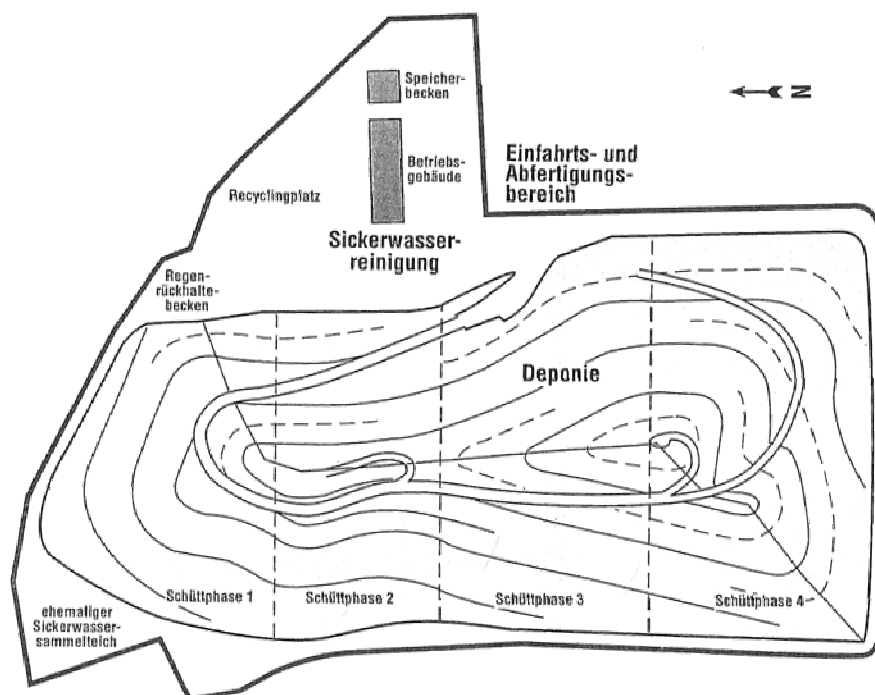


Abb.1: Lageplan der Deponie

Die Anlage verfügt, neben den üblichen Wirtschaftsgebäuden (Maschinenhalle, Sozialtrakt), über einen Recyclinghof und eine Sickerwasserbehandlungsanlage auf Basis des Prinzips der Umkehrosmose und Konzentrattrocknung.

Im Bereich der gesamten Deponieablagerungsfläche existieren 41 Gasbrunnen (17 in den alten und 24 in der aktuellen Schüttphase IV). Je nach Bedarf sind bis zu 21 Gasbrunnen in Betrieb, welche zurzeit eine Gasmenge von $<30 \text{ m}^3/\text{h}$ (Abb. 2: *Deponiegasvorkommen 2003-2009*) mit einem Methangehalt von bis zu 55% generieren. Auf Basis der vorliegenden Messergebnisse dürfte mit einer Optimierung des Gasfassungssystems das Gasfassungspotential allerdings erheblich gesteigert werden können. Gemäß Gutachten vom 29/05/2009 erstellt von der CDM Consult GmbH ist nach einer Rekultivierung der Gasbrunnen mit einer Gasmenge von $> 100 \text{ m}^3/\text{h}$ zu rechnen.

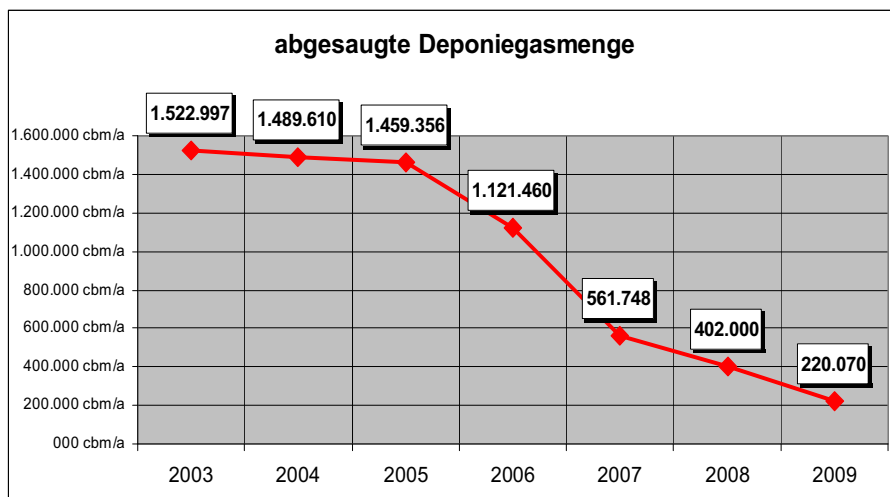


Abb. 2: Deponiegasvorkommen 2003-2009

2.2 Energieversorgungsunternehmen

Die Energieversorgung der Abfallentsorgungsanlage Beverungen-Wehrden erfolgt durch die E.ON Westfalen Weser AG, Tegelweg 25, 33100 Paderborn gem. Stromliefervertrag vom 10.10.2006.

2.2.1 E.ON Westfalen Weser AG

Die E.ON Westfalen Weser AG gehört im Wesentlichen zum E.ON Konzern (ca. 63% der Unternehmensanteile) sowie indirekt oder direkt den 37 Kommunen im Versorgungsgebiet der E.ON Westfalen Weser AG (ca. 37% der Anteile). Die Gesellschaft hat ihren Unternehmenssitz in Paderborn. Die Hauptverwaltung befindet sich in Herford.

Das Energieversorgungsunternehmen entstand am 1. Oktober 2003 durch Übernahme und Fusion der Regionalversorgungsgesellschaften:

- ⚡ EMR Elektrizitätswerk Minden-Ravensberg
- ⚡ PESAG
- ⚡ Elektrizitätswerk Wesertal

Das Kerngeschäft ist die Erzeugung, Vertrieb und Transport von Strom, Erdgas, Wasser und Wärme. Zum Versorgungsgebiet zählen Teilbereiche von Ostwestfalen-Lippe und Südniedersachsen. Die Gesellschaft hält in diesem Geschäftsfeld Anteile an mehreren Stadtwerken und Nahwärmeversorgern. Weitere Geschäftsfelder sind:

- ⚡ Entsorgung/ Abwasser (durch Beteiligungen)
- ⚡ öffentlicher Personennahverkehr
- ⚡ Energienahe Dienstleistungen (durch Beteiligungen)

Der Umsatz betrug 2007 rund 1.286,2 Millionen Euro mit 740.000 Kunden. E.ON Westfalen Weser verfügt über 8 Kundenzentren.

2.2.2 Übergabestation

Als Übergabestation dient derzeit ein nicht stufbarer 250 kVA Transformator. Das Spannungsband ist lt. E.ON innerhalb der gesetzlichen Toleranz. Nach Rücksprache mit der E.ON Westfalen Weser AG ist diese generell bereit, den Transformator gegen einen stufbaren Transformator zu tauschen. Bis dato liegt allerdings noch keine Information vor, ob hierzu ein Baukostenzuschuss benötigt wird. Diese Information wird, sobald vorhanden, nachgereicht.

2.3 Energiebedarf

Der jährliche Energiebedarf der Abfallentsorgungsanlage Beverungen-Wehrden beläuft sich im Mittel auf ca. 750.000kWh elektrischer und 4GWh thermischer Energie.

Die derzeitige Versorgung mit Energie wird aktuell durch die folgenden Energieträger gewährleistet.

- ⚡ Elektrische Energie durch örtl. EVU
- ⚡ Methangas aus der mikrobiologischen Umsetzung im Deponiekörper
- ⚡ Heizöl für die Haustechnik sowie Trocknung der auf konzentrierten Sickerwässer

Die jährliche Energieverteilung für die Abfallentsorgungsanlage Beverungen-Wehrden sieht wie folgt aus:

Elektrische Energie

⚡ Hauptverteilung Waage	1%
⚡ Außenbeleuchtung	2%
⚡ Pumpen zur Sickerwassererfassung	1%
⚡ Sozialräume, Heizung, Licht	3%
⚡ Sickerwasseraufbereitung	93%

Thermische Energie

⚡ Sickerwasserbehandlung	92%
⚡ Haustechnik	8%

Bei der Betrachtung des Energiebedarfs wurde der Fokus auf die Sickerwasserbehandlung gelegt. Diese verschlingt ca. 93% des Energiebedarfs der Abfallentsorgungsanlage Beverungen-Wehrden. Das Pumpensystem der Sickerwasserbehandlung ist nach Rücksprache mit dem Hersteller der am Standort befindlichen Pumpen technisch auf einem aktuellen Stand. Da die Schaltung der Pumpen wasserstandsabhängig im Ein-Aus-Betrieb erfolgt, ist eine energiesparende Drehzahlregelung für diesen Anwendungsfall nicht zielführend. Eine mögliche Ener-

gieersparnis von 1-7% durch den Einsatz von Hocheffizienzpumpen EFF2 ist wirtschaftlich nicht gerechtfertigt.

Eine Auflistung der im Betrieb befindlichen Pumpen für die Sickerwasserbehandlung befindet sich auf der nachfolgenden Seite (siehe Tab.1: Pumpenleistung der Sickerwasserbehandlung).

Eine Reduzierung der durch die Sickerwasserbehandlung erzielten Leistungsspitzen, welche durch Hochdruckpumpen in der letzten Osmosestufe verursacht werden, ist aus verfahrenstechnischen Gründen nicht möglich.

Eine Reduzierung durch ein Lastmanagement würde einen massiven Eingriff in die Steuerung der Anlage bedeuten. Die Reinigungsleistung sowie die Qualität des gereinigten Abwassers wären somit nicht mehr sichergestellt.

Tab.1: Pumpenleistung der Sickerwasserbehandlung

Bezeichnung	Hersteller	Typ (Antrieb)	Produktnummer	Typ (Pumpe)	Produktnummer	Leistung [KW]	Laufzeit/Jahr [h]
P _{1,2,3}	Grundfos	MG90LC2-24FT 115-D1	85D15908	CRN1006APGVHQQV	A96501378P10715	2,2	4.560
P ₄	Grundfos	MG80B2-19F100-B	85800105	CRN840APGBUBV	B42640004P19407	1,1	4.104
P _{5,6,7,8}	Grundfos	UNILIFT AP12.40.04.A3	96023871	-	-	0,7	4.560
P _{9,10}	KSB	KRTE65-160/22X2C2-146	3M16752197-1	017787	-	2,2	114
P ₁₁	Grundfos	MG90A2-24F115	85800106	CRN840APGBUBV	B42640004P19407	1,5	2.052
P ₁₂	Grundfos	MG112MB2-28FT130-C	85815413	CRN1640APGBUBV	B33640004P10209	-	5.472
P ₁₃	AEG	AM80NX2	47312241F	PILLER MGN5A	765935	1,1	4.104
P _{14,15}	Speck	ABF 63/2C-7/N01	ABF 63/2C-7/N01	CB10JF400V DB	7698635F	0,37	23
P _{16,17,26,27,28,29,32,33}	AEG	AM160405	47310110	-	-	11	4.104
P _{18,30}	Grundfos	MG80B219F100B	85800105	CRN8-30 A-P-G-BUBV	B640003P19403	1,1	228
P _{19,31}	Grundfos	MG90A2-24F115	85800106	CRN840APGBUBV	B4264000P19619	1,5	4.104
P _{20,21,22,23,24,25}	Grundfos	BM8A-25-ND-11731925-P3-0807-14	BM8A-25-N	D-11731925P30807-14	-	4	4.104
P ₃₄	Grundfos	MG100LA2-28F130	85800010	CRN1630 A-P-G-BUBE	B33630003P19344	-	228
P ₃₅	Bonfiglioli	BN56B4	136251	Code: 8D08020029	-	0,09	4.104
P ₃₆	Prominent	DLTA0730PVT2200UA0030DE0	-	-	-	0,073	4.104
P _{37,38}	Flender	DNGW-090LD-02M/ -04M	1996428	-	-	1,5	4.104
P ₃₉	NORD	90 L/4	T3451110.0/9342	33189	64925/EL375	1,5	-
P _{40,41,42}	KSB	GMI671DS402	-	-	-	1,8	456
P _{43,44}	Grundfos	MG71A2-14FT85-C	85805102	CR13AFGJAEHQQE	A96516240P10908	-	5.472
P ₄₅	Grundfos	MG80B2-19FT100-D1	85900728	CRN117FFGJGFHQQE	A96769068P10824	1,1	5.472
P ₄₆	Grundfos	MG100LA2-28F130	85800010	CRN1640APGBUBV	B33640004P19617	3	1.824
P ₄₇	VEM	0530 T1/7.91/4363/2F	KPER 160 M2	ETANORM G40 200G4	3917554931	-	5.472
P ₄₈	Grundfos	MG90LA2-24F115	180L/4	CR2 180 AFA AUUE	C530018899349	22	228

Da die Sickerwasserbehandlung einen wesentlichen Bestandteil des Energieverbrauchs der Abfallentsorgungsanlage Beverungen-Wehrden darstellt, ist es das primäre Ziel des Kreises Höxter, diesen Energiebedarf mit vorhandenen, regenerativen Energieressourcen zu decken. Weiterhin steht die vorhandene Deponiegasabsaugung und Sickerwasserbehandlung im Fokus des Interesses.

Aufgrund der geringen Ergiebigkeit der vorhandenen Gasbrunnen wurden in 2008 für die Sickerwasserbehandlung zusätzlich 39.175 Liter Heizöl benötigt. Dieser Wert resultiert aus der abgesaugt und verwerteten Gasmenge von $< 30\text{m}^3/\text{h}$. Im Jahr 2009 konnte aufgrund der geringen Sickerwassermenge der Heizenergiebedarf ausnahmsweise komplett aus dem abgesaugten Deponiegas bereitgestellt werden.

2.4 Energiebilanz

Die Bilanzierung von Energiemengen erfolgt getrennt nach Wärme und Strom.

2.4.1 Energiebilanz des Wärmemarktes

Auf Basis der in Abschnitt 2.3 aufgezeigten Wärmebedarfswerte wird im Folgenden der benötigte Brennstoff im Wärmemarkt ermittelt.

Der Heizwert von Deponiegas beträgt etwa $5\text{ kWh}/\text{m}^3$, dies entspricht in etwa der Hälfte des Heizwertes von Erdgas. Eine Tonne abgelagerten Hausmülls erzeugt in einem Zeitraum von rd. 20 Jahren ungefähr 100 bis 200 m^3 verwertbare Deponiega-

se. Bei einer im Durchschnitt von 30m³/h geschöpften Jahresdurchschnittsmenge liegt der Ertrag bei 923 MWh/a. Dies entspricht ca. 27% der benötigten Jahresdurchschnittsmenge um den internen Wärmebedarf mittels Deponiegas zu decken. Die restlichen 73% müssen derzeit also mittels fossiler Energieträger (HEL) zur Verfügung gestellt werden.

2.4.2 Energiebilanz des Strommarktes

Basierend auf den Strombezug aus Abschnitt 2.3 wird die Bilanz des Strommarktes aufgebaut. Insgesamt beträgt die Energieerzeugung rund 29.500 kWh/a (Photovoltaikanlage). Der Rest (etwa 720.000 kWh) wird vom örtlichen EVU bezogen.

2.4.3 Strom- und Brennstoffpreise

Folgend werden die wichtigsten energiewirtschaftlichen und -technischen Prämissen zusammengestellt. Diese Werte sind, soweit nicht anders vermerkt, Grundlage aller Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen im Rahmen der Studie und beziehen sich auf den Preisstand von 2010.

Alle Angaben verstehen sich ohne Mehrwertsteuer.

Elektrische Energie

Wirkarbeit HT	6,00 ct./kWh
Arbeitspreis	1,20 ct./kWh
Wirkarbeit NT	6,00 ct./kWh
Arbeitspreis	1,20 ct./kWh
Leistungspreis	82,37 EUR/kW

Heizöl (HEL)

Arbeitspreis	54,97ct./l (netto)
---------------------	--------------------

Einspeisevergütung PV-Anlage (ab Juli 2010)

Arbeitspreis	32,88 ct./kWh	< 30 kWp
Arbeitspreis	31,27 ct./kWh	30-100 kWp
Arbeitspreis	25,30 ct./kWh	Freiflächenanlagen

3 Entwicklung des Energiebedarfs bis 2030

Der elektrische sowie thermische Energiebedarf der Abfallentsorgungsanlage Beverungen wird sich bis zum Ende der Nachsorgungsphase nicht wesentlich ändern. Hauptverbraucher ist und bleibt die Sickerwasseraufbereitungsanlage. Aufgrund der stetig steigenden Preise für fossile Energieträger ist jedoch mit einem proportional stetigen Anstieg der Kosten für den Energiebedarf der Abfallentsorgungsanlage Beverungen-Wehrden zu rechnen.

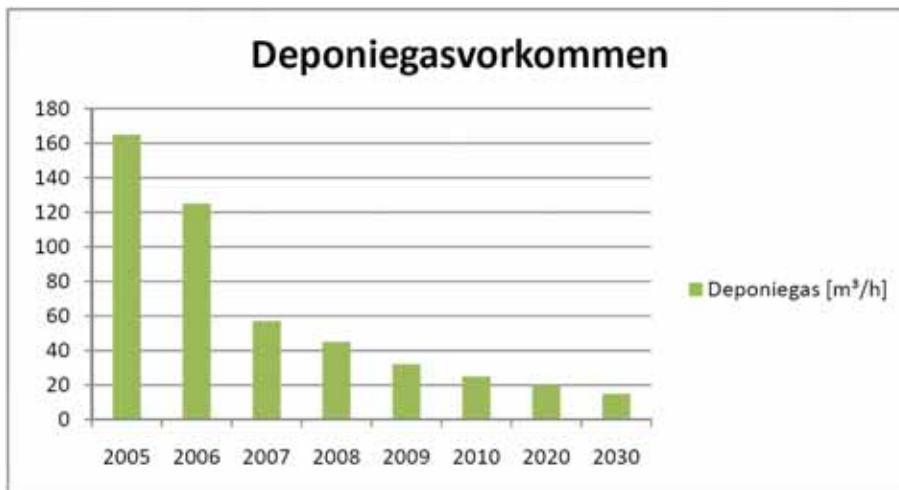


Abb. 3: Prognostizierte Deponiegasvorkommen bis 2030 (beim heutigen Stand der Technik)

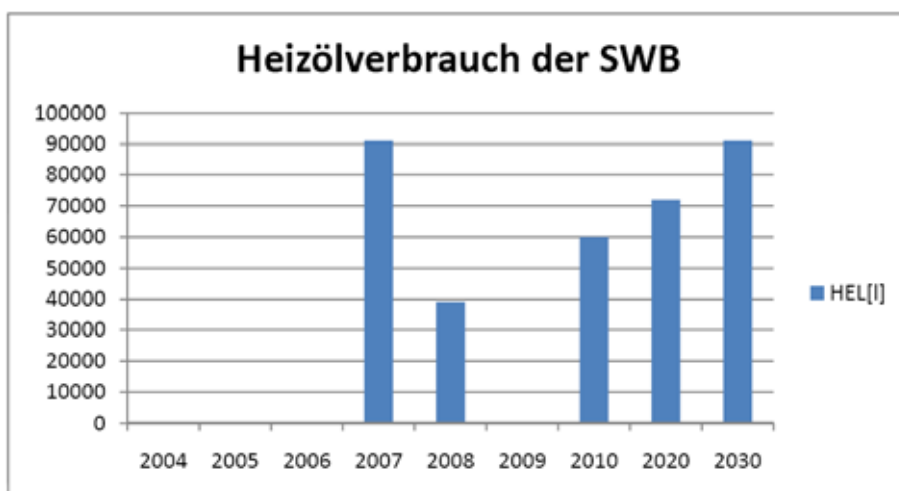


Abb. 4: Prognostizierter Verbrauch an Heizöl bis 2030

Primäres Ziel ist und bleibt es die fossilen Energieträger zukünftig durch regenerative Energieträger weitestgehend abzulösen und den Emissionsausstoß so weit wie möglich zu reduzieren.

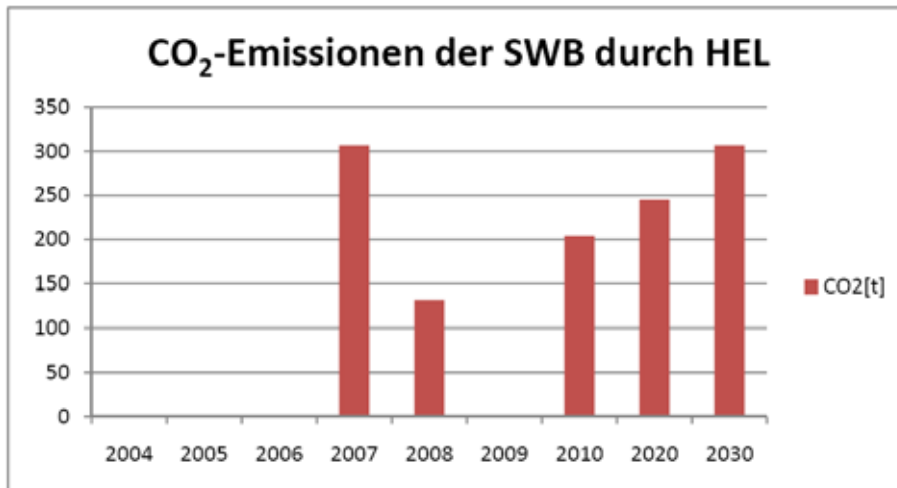


Abb. 5: Prognostizierte CO₂-Emissionen bis 2030

4 Potentiale für regenerative Energieträger

Als erneuerbare Energien, auch regenerative Energien, bezeichnet man Energie aus Quellen, die sich entweder kurzfristig von selbst erneuern oder deren Nutzung nicht zur Erschöpfung der Quelle beiträgt. Es handelt sich daher um nachhaltig zur Verfügung stehende Energieressourcen. Dazu gehört neben der Wasserkraft vor allem die Sonnenenergie. Andere erneuerbare Energiequellen leiten sich daraus ab, so können etwa der Wind (Windenergie) und das energetische Potenzial der Biomasse (aus nachwachsenden Rohstoffen gewonnene Bioenergie) als abgeleitete Formen der Sonnenenergie begriffen werden.

Die Bezeichnung erneuerbare Energien ist der Gegenbegriff zu den nur für begrenzte Zeit für den Menschen verfügbaren fossilen Energieträgern wie Erdöl, Kohle und Erdgas, auf denen die heutige Energieversorgung im Wesentlichen basiert. Kernenergie wird in der Regel nicht als erneuerbare Energie bezeichnet, da sie einen nicht nachwachsenden Rohstoff verwendet, ist aber ebenso wenig den fossilen Energien zuzuordnen.

Derzeit findet ein starker Ausbau der Nutzung der erneuerbaren Energien statt. Gründe sind die begrenzten Ressourcen an fossilen Energieträgern, die Belange des Umwelt- und Klimaschutzes und das Streben nach geringerer Abhängigkeit von Energieexporteuren bzw. insgesamt nach einer nachhaltigeren Energiebereitstellung. Bereits traditionell eine hohe Bedeutung hatte die Nutzung der Wasserkraft, die von daher auch als alte erneuerbare Energie bezeichnet wird. Seit den 90er Jahren nimmt insbesondere die Nutzung von Wind, Sonnenenergie und Biomasse auf der ganzen Welt stark.

In Deutschland werden erneuerbare Energien seit längerem mit unterschiedlichen Maßnahmen gefördert. Das im Jahr 2000 in der ersten Form erlassene Gesetz für den Vorrang erneuerbarer Energien - Erneuerbare Energien Gesetz (EEG) - war hauptsächlich für den Strombereich. Seit dem Jahr 2009 wird mit dem Gesetz zur Förderung erneuerbarer Energien im Wärmebereich - Erneuerbare Energien Wärmegesetz (EEWG) - auch die Wärmebereitstellung gefördert. Seit dem Jahr 2007 ist das Biokraftstoffquotengesetz gültig, das die zuvor bestehenden Steuervergünstigungen zur Förderung von Biokraftstoffen ablöste.

Mit der EU-Richtlinie zu den erneuerbaren Energien vom 23. April 2009 (2009/28/EG) wird den Mitgliedsstaaten der Europäischen Union der Erlass von Gesetzen vorgeschrieben, die die Verwendung der erneuerbaren Energien in den Bereichen Strom, Wärme und Kälte sowie Verkehr fördern, damit bis 2020 ein Gesamtanteil dieser Energien am Energiegesamtverbrauch innerhalb der EU von 20 % erreicht wird.

4.1 Sonnenenergie

Als Sonnenenergie oder Solarenergie bezeichnet man die von der Sonne durch Kernfusion erzeugte Energie, die in Teilen als elektromagnetische Strahlung zur Erde gelangt.

Die Sonnenenergie ist, seitdem sie gemessen wird, annähernd konstant. Die Intensität der Sonneneinstrahlung beträgt an der Grenze der Atmosphäre etwa $1,367 \text{ kW/m}^2$; dieser Wert wird auch als Solarkonstante bezeichnet. Ein Teil der eingestrahnten Energie wird von den Bestandteilen der Atmosphäre - festen, flüssigen oder gasförmigen Schwebeteilchen - reflektiert. Ein weiterer Teil wird von den Bestandteilen der Atmosphäre absorbiert und bereits dort in Wärme umgewandelt. Der dritte Teil geht durch die Atmosphäre hindurch bis zum Erdboden. Dort wird er entweder in Wärme umgewandelt, oder er betreibt zum Beispiel die Photosynthese, die Photovoltaik. Die prozentuale Verteilung der Einstrahlung auf Reflexion, Absorption und Transmission hängt vom jeweiligen Zustand der Atmosphäre ab. Dabei spielen die Luftfeuchtigkeit, die Bewölkung und die Länge des Weges, den die Strahlen durch die Atmosphäre nehmen müssen, eine Rolle. Die auf die Erdoberfläche auftreffende Strahlung beträgt weltweit im Tagesdurchschnitt ungefähr 165 W/m^2 , das entspricht etwa dem 10.000-fachen des Weltprimärenergiebedarfs.

Letztlich wird die gesamte Energie der Sonne in Form von Wärmestrahlung wieder an den Weltraum abgegeben.

4.1.1 Nutzung der Sonnenenergie

Der Menge nach größte Nutzungsbereich der Sonnenenergie ist die Erwärmung der Erde, so dass im oberflächennahen Bereich biologische Existenz in den bekannten Formen möglich ist, gefolgt von der Photosynthese der Pflanzen. Die meisten Organismen, die Menschen eingeschlossen, sind entweder direkt oder indirekt von der Sonnenenergie abhängig. Brennstoff und Baumaterial stammen ebenfalls daraus. Die Sonnenenergie ist weiterhin dafür verantwortlich, dass es in der Atmosphäre zu Luftdruckunterschieden kommt, die zu Wind führen. Auch der Wasserkreislauf der Erde wird von der Sonnenenergie angetrieben.

Neben diesen natürlichen Effekten gibt es zunehmend eine technische Nutzung vor allem im Bereich Energieversorgung.

Mit Hilfe der Solartechnik lässt sich die Sonnenenergie auf verschiedene Arten nutzen:

- ⚡ Sonnenkollektoren
- ⚡ Sonnenwärmekraftwerke
- ⚡ Wind- und Wasserkraftwerke
- ⚡ Solarzellen (Photovoltaik)

Die Sonnenenergie ist regenerative Energie, ihre Nutzung wird in vielen Ländern gefördert, in Deutschland beispielsweise durch das Erneuerbare Energien Gesetz (EEG).

4.1.2 Speicherung der Sonnenenergie

Die solare Einstrahlung unterliegt tages- und jahreszeitlichen Schwankungen von Null bis zum Maximalwert der Bestrahlungsstärke von rund 1.000 W/m^2 . Um die notwendige Energieversorgungssicherheit zu gewährleisten, sind deshalb immer zusätzlich Maßnahmen wie Energiespeicher, Regelungstechnik oder auch Zusatzsysteme wie zum Beispiel ein mit Brennstoff betriebener Heizkessel notwendig.

Thermische Solaranlagen verwenden unterschiedliche Arten von Wärmespeichern. Diese reichen bei Geräten für Warmwasser meist für einige Tage aus, damit - zumindest im Sommerhalbjahr - auch in der Nacht und während einer Schlechtwetterperiode ausreichend Wärme zur Verfügung gestellt werden kann. Langzeitspeicher, die sommerliche Wärme in den Winter übertragen, sind technisch möglich, aber noch relativ teuer.

In solarthermischen, elektrischen Kraftwerken wird durch Spiegel konzentrierte Sonnenstrahlung genutzt, um Flüssigkeiten zu verdampfen und mittels Dampfturbinen Strom zu gewinnen. Wärmespeicher (beispielsweise Flüssigsalztanks) können darüber hinaus einen Teil der Wärme (mit geringen Verlusten) tagsüber speichern, um kurzfristige Bedarfsschwankungen auszugleichen oder die Dampfturbine nachts anzutreiben.

In photovoltaischen Kraftwerken wird elektrischer Strom mittels Halbleitereffekten erzeugt. Der dadurch produzierte Gleichstrom wird entweder im Rahmen einer dezentralen Stromerzeugung in einem Inselstromnetz als solcher verwendet (Pufferung zum Beispiel durch Akkumulatoren) oder über Wechselrichter in ein vorhandenes Wechselstromnetz eingespeist.

4.2 Windenergie

Bei der Windenergie handelt es sich um die kinetische Energie der bewegten Luftmassen der Atmosphäre. Sie ist eine indirekte Form der Sonnenenergie und zählt deshalb zu den erneuerbaren Energien. Die Windenergie-Nutzung mittels Windräder ist eine seit dem Altertum bekannte Möglichkeit, um Energie aus der Umwelt zu schöpfen.

Die ungleichmäßige Einstrahlung der Sonnenenergie auf die Erdoberfläche bewirkt eine unterschiedliche Erwärmung der Atmosphäre, der Wasser- und der Landmassen. Dann ist eine Seite der Erde, die Nachtseite, der Sonne abgewandt, zudem ist die solare Einstrahlung in Äquatornähe größer als an den Polen. Schon durch die hierbei entstehenden Temperatur- und damit auch Druckunterschiede, geraten die Luftmassen zwischen der Zone um den Äquator und den Polen als auch zwischen der Tag- und der Nachtseite der Erde, in Bewegung. Die Rotation der Erde trägt ebenfalls zur Verwirbelung der Luftmassen bei, und die Schiefstellung der Rotationsachse der Erde zur Ebene, die die Erdbahn durch das Umkreisen der Sonne bildet, führt zu jahreszeitlichen Luftströmungen.

Es entwickeln sich Hoch- und Tiefdruckgebiete. Da die Erde sich dreht, sind die vom Hoch- in ein Tiefdruckgebiet fließenden Luftmassen dem Einfluss der aus der Rotation resultierenden Corioliskraft ausgesetzt; sie strömen deshalb nicht geradlinig zum Ziel. Vielmehr bilden sich auf der Nord- und Südhalbkugel Wirbel mit jeweils anderer Drehrichtung. Auf der Nordhalbkugel strömen die Luftmassen (aus dem Weltall gesehen) gegen den Uhrzeigersinn in ein Tiefdruckgebiet hinein und mit dem Uhrzeigersinn aus einem Hochdruckgebiet heraus. Auf der Südhalbkugel sind die Orientierungen umgekehrt.

Zu diesen globalen Störungen kommen lokale Einflüsse hinzu, die Winde entstehen lassen. Aufgrund der verschiedenen Wärmekapazitäten von Wasser und Land erwärmt sich das Land tagsüber schneller als das Wasser, und es weht tagsüber durch die entstehenden Druckunterschiede ein Wind vom Wasser auf das Land. Nachts kühlen die Landmassen schneller ab als das Wasser, und der Effekt kehrt sich um. Zusätzlich kann sich der Wind über dem Wasser ungebremst entwickeln, so dass es besonders in Küstengebieten zu regelmäßigen und starken Winden kommt. Auch durch Bergformationen und andere lokale Ausprägungen, kann es zu Windströmungen kommen, die häufig durch Verengungen an Hindernissen verstärkt werden.

Die Stärke des Windes hängt in den unteren Luftschichten ganz wesentlich von den dort vorhandenen Landschaftselementen ab. Wasser, Wiese, Wald oder Bebauung werden als verschiedene Rauigkeiten abgebildet, die die Reibung der Luft an der Erdoberfläche beschreibt. Dieser Effekt führt zu einer Verringerung der Windgeschwindigkeit, dies in Abhängigkeit von der Höhe über dem Boden.

4.2.1 Stromerzeugung

Windenergieanlagen können in allen Klimazonen, auf See und in allen Landformen zur Stromerzeugung eingesetzt werden. Aufgrund der Unstetigkeit des Windes kann die mit Windenergieanlagen gewonnene elektrische Energie nur im Verbund mit anderen Energiequellen oder in sehr kleinen Stromnetzen mit Speichern für eine kontinuierliche Energiebereitstellung genutzt werden. Durch Prognose der Einspeisung und Austausch in und zwischen den deutschen Übertragungsnetzen wird die schwankende Stromerzeugung im Zusammenspiel mit anderen

Kraftwerken, wie die normalen Verbrauchsschwankungen, ausgeglichen. Die Verknüpfung der Regelzonen und die Gesamtreserve dauer verfügbarer Energiequellen definieren daher zukünftig den Gesamtanteil der Windenergie an der Stromerzeugung. Für Deutschland geht man laut einer Studie der DENA derzeit von 20 bis 25 % maximalem Anteil beim moderaten Ausbau der Netzinfrastruktur aus. Weitere Möglichkeiten, zukünftig die Windstrompenetration über einen solchen Wert hinaus zu erhöhen, wären: - weitere Verstärkung und Vermaschung des Hochspannungsübertragungsnetzes mit benachbarten Regelzonen - Demand Side Management (zeitweiliges Abschalten oder verzögerter Betrieb nicht zwingend notwendiger Verbraucher) - Energiespeicherung, zum Beispiel durch Pumpspeicherkraftwerke und Druckluftspeicherkraftwerk; siehe Energiespeicher.

In zahlreichen, zumeist dieselgestützten Inselnetzen mit Windstromeinspeisung (Australien, Antarktis, Falklands, Bonaire), werden neben dem Demand Side Management zudem Batterien und teilweise auch Schwungradspeicher zur kurz- und mittelfristigen Netzstabilisierung und -optimierung eingesetzt, wobei relativ schlechte Wirkungsgrade aus wirtschaftlichen Gründen akzeptiert werden können. Andererseits weht der Wind aufgrund der Sonneneinstrahlung tagsüber meist stärker als nachts und passt sich somit auf natürliche Weise dem am Tag höheren Energiebedarf an. In ähnlicher Weise ist oft die Erzeugung im Winter größer als im Sommer, was ebenfalls günstig ist.

Die Höhe der vorzuhaltenden Reserveleistung hängt auch erheblich von der Vorhersagegenauigkeit des Windes, der Regelungsfähigkeit des Netzes sowie dem zeitlichen Verlauf des Stromverbrauchs ab. Eine deutliche Verminderung des Bedarfs

an Regelenergie entsteht durch Kombination von Windenergieanlagen an verschiedenen Standorten, da sich die Schwankungen der dortigen Windgeschwindigkeiten teilweise gegenseitig ausmitteln.

Ältere drehzahlstarre Windenergieanlagen mit Asynchrongeneratoren haben z.T. Eigenschaften, die bei einem starken Ausbau Probleme im Netzbetrieb bereiten können; dies betrifft vor allem den sog. Blindstrom. Dem kann durch Blindstromkompensation abgeholfen werden; moderne drehzahlvariable Anlagen mit elektronischem Stromrichter können den Blindstromanteil ohnehin nach den Anforderungen des Netzes beliebig einstellen und auch Spannungsschwankungen entgegenwirken, so dass sie sogar zur Netzstabilisierung beitragen können.

Umweltschützer argumentieren, Windenergie sei, wenn alle externen Kosten der Energieerzeugung einbezogen werden, neben der Wasserkraft eine der billigsten Energiequellen. Da die Messung externer Kosten und Nutzen jedoch nicht eindeutig möglich ist, kommen andere Studien zu anderen Ergebnissen. Moderne Windenergieanlagen besitzen eine kurze energetische Amortisationszeit von nur wenigen Monaten.

Die Wirtschaftlichkeit einer Windenergienutzung durch Windenergieanlagen hängt von den Parametern mittlere Windgeschwindigkeit in Nabenhöhe, Stromverkaufspreis, Anlagen- und Infrastrukturkosten ab. In den meisten Ländern sind heute auch Standorte im Binnenland nutzbar.

4.3 Biomasse

Als Biomasse wird die gesamte organische Substanz bezeichnet. Basis für die Bildung von Biomasse ist die vor allem von Pflanzen betriebene Photosynthese, bei der Sonnenenergie absorbiert und durch Bildung von Biomasse gespeichert wird. Zur Biomasse werden sowohl lebende Pflanzen, als auch die von ihnen abgeleitete organische Substanz, wie Tiere und Mikroorganismen, als auch tote organische Substanz wie Totholz, Laub, Stroh und anderes gezählt. Die aus Biomasse entstandenen fossilen Energieträger (Kohle, Erdöl und Erdgas) werden ihr nicht zugeordnet. Die Natur produziert jährlich große Mengen an Biomasse, von der ein kleiner Teil als Nahrung, Futtermittel oder nachwachsender Rohstoff (NaWaRo) zur stofflichen Nutzung oder zur Energiebereitstellung genutzt wird.

4.3.1 Biomasseheizkraftwerk (BMHKW)

Ein Biomasseheizkraftwerk ist ein Heizwerk, das als Brennstoff Biomasse einsetzt. Die erzeugte Wärme wird in Form von Heißwasser oder Dampf über ein Wärmenetz an die Abnehmer geliefert. Im Gegensatz zum Biomassekraftwerk und zum Biomasseheizkraftwerk wird keine elektrische Energie erzeugt.

4.3.2 Funktionsweise

Ein Biomasseheizwerk verwendet als Brennstoff Biomasse, unterscheidet sich in der Funktion ansonsten aber nicht von einem konventionellen Heizwerk. Es findet eine zentrale Erzeugung von Wärme oder Dampf in einem Heiz- oder Dampfkessel statt. Über ein Nah- oder Fernwärme-Netz erfolgt die Verteilung. Abnehmer sind große Wohn-, Geschäfts-, Verwaltungsgebäude oder andere Verbraucher mit hohem Raumwärmebedarf. Vor-

teile der zentralen Wärmebereitstellung ist, dass nicht jeder Haushalt einen eigenen Heizkessel benötigt. Zudem ist eine bessere Abgasreinigung möglich. Nachteilig sind die hohen Kosten und Leitungsverluste durch das Wärmenetz.

Heute werden Biomasseheizwerke zumeist für den Leistungsbereich von 300 - 20.000 kW errichtet, und haben zur Abdeckung der Lastspitzen einen fossil befeuerten Ausfalls- und Spitzenlastreserve-Kessel für Reservezwecke. Größere Anlagen, also mit einer Gesamtleistung ab ca. 10.000 kW, werden bevorzugt als Biomasseheizkraftwerken errichtet, in denen durch Kraft-Wärme-Kopplung eine kombinierte Erzeugung von Strom und Wärme stattfindet.

Ein Biomasseheizwerk steht immer in einen eigenen Baukörper und besteht im allgemeinen aus folgenden Anlagenteilen: Brennstofflager, Brennstofftransporteinrichtung, Kesselbeschickung, Brenn- oder Feuerkammer, Wärmetauscher, Rauchgasreinigungszyklon, Elektrofilter, Kamin, Entaschung und Aschecontainer.

4.3.3 Brennstoffe

Häufig eingesetzte Brennstoffe sind Sägespäne, Sägerestholz, Rinde, Waldhackgut, unbehandelte Resthölzer und/oder Pellets.

Die Nutzung von Bioenergie, wie z. B. Wärme aus Biomasseheizwerken, wird durch Gesetze wie das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWG) gefördert, da dies unter anderem ökologische Vorteile haben kann.

Die Nutzung von Waldhackgut wird teilweise diskutiert, da dies die Nutzung des Ökosystems Wald und damit den Entzug von Nährstoffen erhöhen würde. In Biomasseheizwerken stellt dieses jedoch nur einen Teil des Brennstoffs.

4.3.4 Entwicklung

In den vergangenen beiden Jahrzehnten hat die Verbreitung von Biomasseheizwerke stark zugenommen. Ende der 1980er nahm die Nutzung von Brennholz ab, da die vollautomatische Wärmebereitstellung durch Öl- und Gasheizung deutlich komfortabler war. Um die Nutzung von Holz zu ermöglichen, begannen einzelne Landesregierungen in Österreich, den Ausbau von Fernwärme zu fördern. Vorbildlich war hier das Land Salzburg, und so sind in Lofer, Lamprechtshausen, Bramberg usw. die ersten Biomasseheizwerke mit Fernwärme vor/um 1990 entstanden. Nachfolgend haben auch andere Regierungen wie Niederösterreich oder Bayern durch Investitionsförderungen eine wirtschaftliche Grundlage geschaffen, so dass in den genannten Bundesländern bisher über 500 BMHKW betrieben werden.

Ab dem Jahr 2000 begannen die Regierungen der Europäischen Union den Ausbau der Biomassenutzung zu fördern. Heute sind staatliche Förderungen für den Aufbau von Biomasseheizwerken in der Höhe von bis zu 30% der Investitionen üblich. In Österreich wurden beispielsweise seither mehr als 1.000 Biomasseheizwerke mit einer Kesselleistung von mehr als 500kW errichtet, die teilweise gesamte Orte, teilweise nur Industriebetriebe mit Wärme versorgen.

Biomasseheizkraftwerke werden heute mit einem biogenen Leistungsbereich zwischen 300KW und 5MW errichtet. Kleinere Einheiten werden zumeist direkt im wärmeabnehmenden Objekt angeordnet, größere Einheiten erzeugen meist als Heizkraftwerke sowohl Strom als auch Wärme. Durch die Weiterentwicklung des Organic Rankine Cycle Prozesses (ORC) kann die Stromerzeugung in Heizwerken (Heizkraftwerken) wirtschaftlich werden. Die Stromerzeugung bei Biomasseheizkraftwerken wird im Rahmen des Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) gefördert. Insbesondere Anlagen mit geringer Leistung erhalten einen Vergütungsaufschlag auf Strom, der in das Netz eingespeist wird.

4.4 Deponiegasverwertung

Deponiegas entsteht hauptsächlich durch den bakteriologischen und chemischen Abbau von organischen Inhaltsstoffen des Mülls. Es besteht aus den Hauptbestandteilen Methan (CH_4) und Kohlendioxid (CO_2).

4.4.1 Entstehung der Deponiegasproduktion

Deponiegas entsteht durch biochemische Abbauprozesse von organischen Verbindungen und Materialien im Müllkörper. Die Prozesse unterteilen sich in aerobe und anaerobe Abbauprozesse, die zu Beginn in zeitlich aufeinanderfolgende Phasen eingeteilt werden können und die gegen Ende der Prozesse gleichzeitig ablaufen.

Aerobe Phase

Bei diesen Reaktionen wird der eingelagerte Luftsauerstoff aufgebraucht und Wasser, Stickstoff (N_2), Kohlendioxid (CO_2) und höhere molekulare Restprodukte gebildet. Bei lockerer Müllschüttung oder einem Gemisch aus Bauschutt und Hausmüll kann in den Randzonen eine ständige Nachfuhr von Sauerstoff stattfinden, so dass die aeroben Prozesse lange Zeit stabil ablaufen.

Anaerobe Nichtmethanphase

In dieser als „saure Gärung“ bezeichneten Phase entwickeln sich Bakterien, die ohne oder mit wenig Sauerstoff auskommen und vorwiegend Stickstoff, Wasserstoff, Kohlendioxid und niedere Fettsäuren produzieren. Der Kohlendioxidgehalt kann bis auf 80Vol. % ansteigen. Der pH-Wert sinkt in dieser Phase auf $\text{pH} < 5$.

⚡ Anaerobe nicht stabile Methanphase

Die Bedingungen (pH-Wert, Temperatur) in der Deponie stabilisieren sich. Es werden methanbildende Mikroorganismen aktiv.

⚡ Anaerobe stabile Methanphase

Unter anaeroben Bedingungen werden die organischen Bestandteile zu Methan (CH_4) und Kohlendioxid (CO_2) abgebaut. Der pH-Wert steigt auf pH 7-8. Das Ergebnis der biochemischen Abbauprozesse ist ein wassergesättigtes Gas, das im Wesentlichen aus 50-70Vol. % Methan und 30-50Vol. % Kohlendioxid besteht. Dieses Gasgemisch wird Deponiegas genannt.

⚡ Abklingende Methanphase

Die Methanbildung erfolgt nur noch auf niedrigem Niveau und selbst bei nicht technisch entgasten Deponien beginnt der Eintritt von Luft in den Deponiekörper, weil der Gasstrom über der Oberfläche zu gering ist, um z. B. bei Luftdruckänderungen ständig einen ausströmenden Gasstrom aufrecht zu erhalten. Der Prozess verstärkt sich mit weiter abnehmender Gasproduktion zu einem ständigen Lufteintritt durch Druckschwankungen und Diffusion.

Als Ergebnis dieser Reaktionen entstehen im Verlauf von 15-20 Jahren aus einer Tonne Hausmüll ca. 100-200 m³ Deponiegas mit einem Methananteil um 55Vol.%. Dabei verändert sich im zeitlichen Verlauf die Zusammensetzung des Gases. Bereits 1 Jahr nach Einlagerung der Abfälle ist in der Regel im Inneren der Ablagerung die stabile Methanphase erreicht. Das Deponiegas setzt sich in der stabilen Methanphase im Wesentlichen aus 60Vol. % CH_4 und 40Vol. % CO_2 zusammen. Das Verhält-

nis der beiden Komponenten beträgt dann 1,5:1. Mit zunehmendem Abbau der organischen Müllbestandteile verschiebt sich dieses Verhältnis auf Werte deutlich größer als 2:1. Die Änderung der Gaszusammensetzung in Abhängigkeit vom biochemischen Müllalter ermöglicht eine Aussage über den Abbaugrad der gasbildenden Müllbestandteile und damit über die Dauer und Menge der zukünftigen Deponiegasbildung.

4.4.2 Allgemeine Grundlagen der Gasproduktion

Die Deponiegasproduktion ist abhängig von der

- ⚡ Stoffeinlagerung
- ⚡ Einlagerungsmenge
- ⚡ Einlagerungszeit
- ⚡ Wasserhaushalt in der Deponie
- ⚡ Klima
- ⚡ Deponieart

Die Halbwertszeit von abbaubaren, kohlenstoffhaltigem Material liegt bei ca. 6 Jahre nach der Einlagerung. Bei Klärschlämmen bei ca. 3 Jahre. Es geht wenn nicht besonders günstige Voraussetzungen (optimaler Wasser und Temperatur-Haushalt) vorliegen, die Nutzung von Deponiegas 6 Jahre nach Einlagerung rapide zurück. Dann steht nur noch die Sicherheit für Mensch, Tier und Einrichtungen im Vordergrund. Nach ca. 20 Jahren wird das Gefährdungspotential erheblich geringer. Hier steht dann nur noch die Umweltgefährdung, (Klima, Kleintier und Pflanzenschutz) im Vordergrund.

Deponien stehen in der Rangliste der klimabeeinträchtigten Methanproduzenten weltweit an ca. 6. Stelle. Bei geringer Gasproduktion sollte deshalb, Ausnahme wäre wenn eine Gefährdung durch Brand- oder Explosionsgefahr noch besteht, über eine Aktiventgasung nachgedacht werden. Die Abschätzung einer Ökobilanz auf der Basis von klimagefährdeten Emittenten bei Betrieb und Unterhaltung der Anlage, zu frei abströmenden Methan und Kohlendioxid, könnte ein Ansatz sein. Als Faustzahl sollte hierzu die Emission von 5ppm CH₄/m² Deponiefläche an. Daraus ergibt sich rechnerisch bei einem Methangehalt von 55Vol. % eine Abströmung von ca. 2,5Liter CH₄/m².

4.4.3 Formen der aktiven Deponieentgasung

Folgende Formen der aktiven Deponieentgasung werden angewandt:

Verbrennung in Fackeln

Schwachgasentsorgung 25 - 45 Vol. % Methan > 25 m³/h
Mindestanforderung aus Sicherheits- und Umweltgründen

Verbrennung in Motoren, Heizung, Öfen

Gutgasentsorgung > 45 Vol. % Methan > 100m³/h
Gutgasverwertung ist bei Entsorgung über Motoren ab 120 kW_{el}
mit Wärmenutzung rechenbar

⚡ Verwertung mit Mikrogasturbinen

> 30 Vol.% Methan;

teuer in der Investition aber wartungsarm und flexibel

⚡ katalytische und nichtkatalytische Verbrennungen

Ex-Gefahr Schwachgas < 25 Vol.% Methan, < 25 m³/h
macht nur Sinn, wenn die Gasqualität noch im Ex-Bereich

⚡ Methanoxidation über Biofilter

Ex-Gefahr Schwachgas < 25 Vol.% Methan, < 25 m³/h
kostengünstige Investition und geringe Betriebskosten

5 Technische Teilkonzepte

Im folgenden Kapitel werden technische Teilkonzepte für definierte Einzelfragen erarbeitet. Folgende Schwerpunkte werden unter betriebswirtschaftlichen, organisatorischen sowie umweltseitigen Aspekten untersucht.

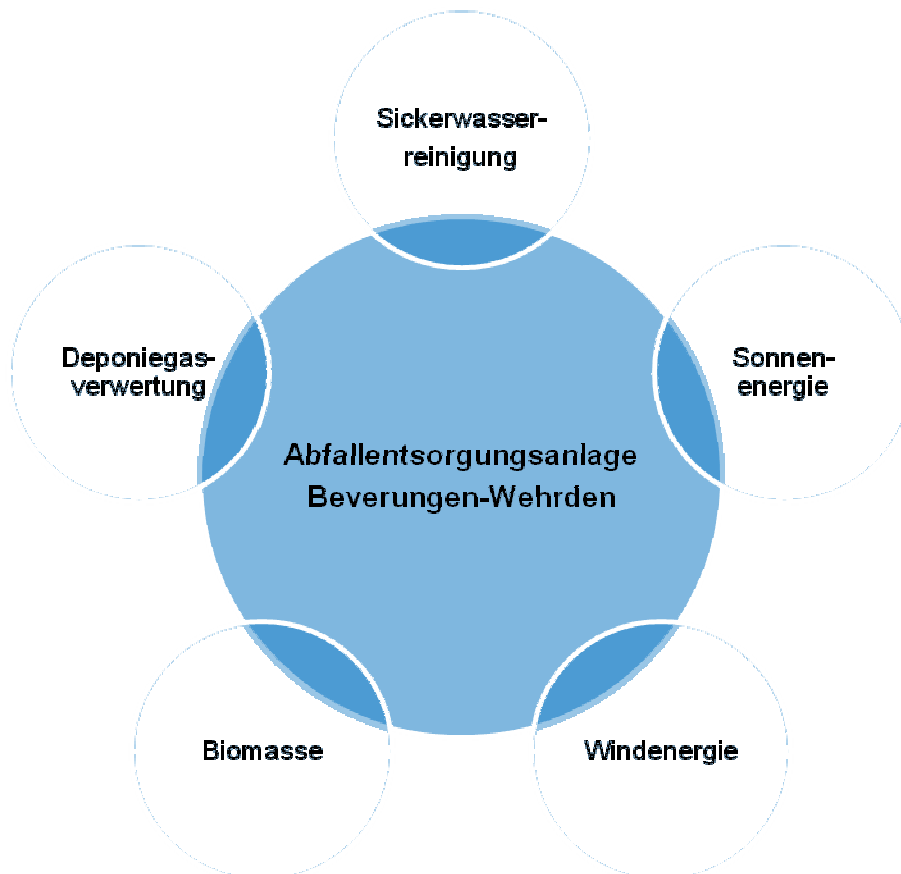


Abb. 6: Technische Teilkonzeption der Abfallentsorgungsanlage Beverungen-Wehrden

6 Sickerwasserreinigung

Umkehrosmoseanlagen werden zur direkten Sickerwasserbehandlung eingesetzt. Charakteristisches Merkmal im Vgl. zu anderen Verfahren ist die hohe Reinwasserqualität und eine aufwendige Konzentrataufbereitung. Die bei der Umkehrosmose anfallenden Reststoffe müssen nach der Eindampfung und Trocknung als gefährlicher Abfall entsorgt werden.

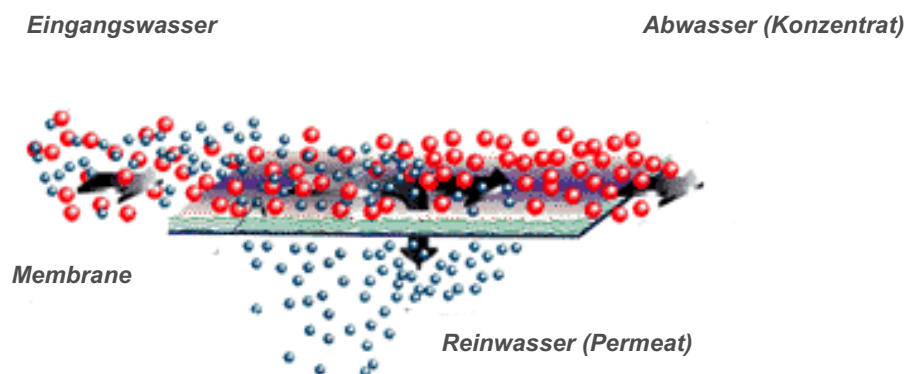


Abb. 7: Funktionsprinzip der Umkehrosmose

Eine biologische Vorbehandlung bewirkt neben der Reduzierung der Ammoniumfracht auch eine Verminderung des Abdampfdruckes und die Erhöhung des Permeatflusses.

Gelöste Salze erhöhen in einer Flüssigkeit den osmotischen Druck. Wird die konzentrierte Lösung über eine semipermeable Membran mit Reinwasser in Kontakt gebracht, so tritt eine Druckdifferenz auf und bewirkt den Transport des Lösungsmittels -Wasser- bis zur Erreichung des osmotischen Gleichgewichts in Richtung der salzhaltigen Lösung. Die Membranen sind daher nur für Wasser, jedoch nicht für gelöste Stoffe durch-

lässig. Diese Eigenschaft macht man sich bei der Sickerwasserreinigung zunutze, indem ein äußerer Druck auf das zu reinigende Deponiesickerwasser aufgebracht wird, um durch die Membranen sauberes Wasser zu pressen. Es erfolgt eine Trennung in dem reinen Permeatstrom und in ein mit organischen Stoffen angereichertes Konzentrat.

Die Leistungsfähigkeit des Trennverfahrens ist abhängig von der Salzkonzentration, der Art der zu entfernenden Stoffe, den Druckverhältnissen und Membrantypen.

Wasserinhaltsstoffe können schädigend auf die Membranen wirken bzw. zur Belagbildung führen. Daher sind die Anlagen regelmäßig mit verschiedenen Chemikalien zu reinigen. Eine Säuredosierung zur pH-Wert-Absenkung ist meist unerlässlich. Hierdurch wird die Belagbildung durch Calciumcarbonat verhindert und ein höherer Permeatfluß erreicht.

Das Sickerwasser gelangt nach Vorfiltration in die erste Umkehrosiose-Stufe. Der Betriebsdruck ist abhängig vom Salzgehalt und der gewünschten Permeatmenge.

Um die Einhaltung der Qualität zu garantieren, wird diesem Anlagenteil eine zweite und dritte Umkehrosiosestufe nachgeschaltet, die das Permeat weiter reinigt. Das Konzentrat wird in die erste Stufe zurück geleitet. Der Druck beträgt ca. 30-60 bar (dritte Stufe bis zu 100 bar) bei einer vom Salzgehalt abhängigen Permeatausbeute von ca. 85%. Als Energie für die Pumpenleistung müssen ca. 12 kW/m³ Permeat aufgewendet werden.

Die weitere Aufkonzentrierung des Konzentratstromes geschieht durch Eindampfen und Trocknung mit der Zielsetzung eines Restfeuchtegehaltes von ca. 5 %. Bei der Eindampfung wird der Konzentratstrom in Umlaufverdampfersystemen (Rohr-

bündel-, Dünnschicht- oder Fallfilmverdampfer) bei ca. 100 °C aufkonzentriert. Als besondere Probleme sind Verkrustungen und Verdampfungen zu beachten. Die weitere Entwässerung geschieht durch Trocknung im Wirbelschicht- oder Dünnschicht-trockner.

Die Brüden aus der Verdampfung und Trocknung werden zur Umkehrosmose-Anlage zurückgeleitet und nochmals filtriert.

Der wasserlösliche Rückstand von ca. 5-10 kg/m³ gereinigten Sickerwasser muss in einer Untertagedeponie endgelagert werden.

Eine weitere Möglichkeit ist, wie auf der Deponie Beverungen-Wehrden, die Aufkonzentrierung des Konzentratstromes in einer dritten Umkehrosmosestufe bis 200 bar und die Immobilisierung in Inertmaterialien.

Aufgrund des Zusammenspiels von chemischen, biologischen und technischen höchst sensiblen Prozessen wird von einem Eingriff in die Sickerwasserbehandlung abgeraten. Die Reinigungsleistung sowie die Qualität des gereinigten Abwassers wären nicht mehr sichergestellt.

Eine Reduzierung der bezogenen Leistung ist nur durch eine Verfahrensänderung (z.B. biologische Verfahren) zu erreichen. Die Umstellung steht in keinem Verhältnis zum Einsparpotential.

6.1 Sonnenenergie

Aktuell wird am Standort der Abfallentsorgungsanlage Beverungen-Wehrden bereits die Energie der Sonne genutzt. Die am Standort installierte Photovoltaikanlage grenzt östlich an die Elektronikschrotthalle. Es handelt sich hierbei um eine 30 kWp Anlage. Der Platzbedarf der bestehenden Anlage umfasst ca. 300 m². Der Energieertrag lag in den Jahren 2008 und 2009 bei ca. 987 kWh/kWp/a. Die erzeugte Energie wird ins öffentliche Stromnetz eingespeist. Die CO₂ - Reduktion beträgt aktuell ca. 25.000 kg/a.

Aktuell plant der Kreis Höxter eine Erweiterung der Photovoltaikanlage (s. Abb. 8: geplante *Photovoltaikanlage*). Zur Diskussion stehen die Elektronikschrott- und die Maschinenhalle als Dachaufstellungsorte. Die entsprechende Ausschreibung wird vom Kreis vorbereitet. Potential ist am Standort der Abfallentsorgungsanlage Beverungen-Wehrden aufgrund der vorhandenen Dach- bzw. Freifläche vorhanden.

Die voraussichtlichen Investitionskosten für die gesamte PV-Erweiterung liegen gem. Grobplanung, (Maschinenhalle - aufgeständert- ca. 45 kWp, Elektronikschrotthalle -Aufdachmontage- ca. 48 kWp) bei ca. EUR 247.000,00 zzgl. MwSt..

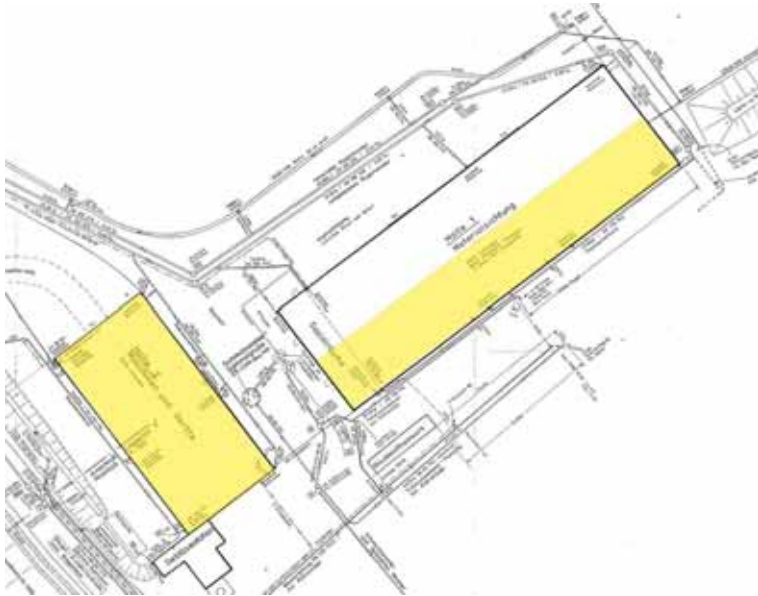


Abb. 8: geplante Photovoltaikanlage 95kWp, mögliche Aufstell-
sorte Maschinenhalle und Elektronikschrotthalle-

Eckdaten der aktuell geplanten PV-Anlage:

Gesamtleistung:	95 kWp Nennleistung
Anzahl der Module:	395
Modultyp:	Topsola TSM96-125M
Nennleistung der Module:	240W
Abmessung der Module:	1602/1061
Wechselrichter:	16 Stk. SMA 6.000

Wirtschaftliche Eckdaten (Aufdachanlage):

Gesamtinvestition:	EUR 247.000,00
Eigenkapital:	30%
Nominalzinsdarlehen:	3,5%
Laufzeit Darlehen:	15 Jahre
Spezifischer Ertrag:	900 kWh/a/kWp

Eigenkapitalrendite: ca. 15 %

Mit dieser neuen PV-Anlage sind die wirtschaftlich sinnvoll nutzbaren Gebäudedächer auf der Deponie Wehrden praktisch vollständig für die Solarnutzung erschlossen.

Ein wesentlich größeres Potential für die Nutzung von Solar-energie bilden die umfangreichen Freiflächen des Deponiege- ländes. Dazu gehören zum einen die Wiesenflächen vor dem Betriebsgebäude (ca. 1.200 m²), vor allem aber auch der Süd- hang des Deponiekörpers mit einer Fläche von rd. 3.500 m². Grundsätzlich ist diese nach Süden ausgerichtete Böschung optimal zur Sonne gelegen, gleichwohl stellen die noch zu er- wartenden Setzungen des Deponiekörpers von bis zu 2,00 m innerhalb der nächsten 10 Jahre ein bautechnisches Problem dar.

Da die Setzungen erheblich sind und weder kontinuierlich noch gleichmäßig verlaufen, besteht die Gefahr, dass dort aufgestell- te Solarmodule infolge der Setzungen zum einen nicht mehr optimal zur Sonne ausgerichtet sind (wirtschaftlicher Verlust) und zum anderen durch Materialspannungen zerstört werden können. Aus diesen Gründen findet die Aufstellung von PV- Anlagen auf Abfalldeponien mit deutlichen Restsetzungen bis- her nur wenig Anwendung.

Ein positiver Ansatz wurde auf der Deponie West bei Karlsruhe gefunden. Dort befindet sich seit 2005 am steilen Südhang (ca. 25°) der seit etwa 10 Jahren rekultivierten Deponie eine rd. 5.200 m² große PV-Anlage mit einer Leistung von 432 kWp im Einsatz.

Um den Setzungen des Deponiehanges begegnen zu können, sind die PV-Dünnschichtmodule auf sogenanntem Modultisch aus verzinktem Stahl montiert, die die PV-Module ca. 1,20 m

über Geländeoberfläche aufständern. Durch einen ausgeklügelten Verstellmechanismus ist es möglich, jeden Modultisch dreidimensional zu verstellen, so dass Schiefstellungen infolge Setzungen durch eine manuelle Nachregelung ausgeglichen werden können. Die Modultische wurden auf Stahlpfosten in die Deponieböschung gerammt (nur mineralische Abdeckung, keine Folie).

Nach Aussage des Betreibers, der Stadt Karlsruhe, läuft diese PV-Anlage seit 5 Jahren quasi störungsfrei, einzige Beschädigung einiger Module erfolgte durch Krähen, die teilweise aus großer Höhe Steine auf die Module fallen ließen (15 Schäden an insgesamt 7.200 Modulen).

Vogelkot und sonstige Verschmutzungen stellen wegen der Steilheit der PV-Module kein Problem dar, da diese Verschmutzungen durch Regenwasser wieder abgewaschen werden.

Infolge der Aufständigung bleibt auch die Deponieoberfläche weiterhin begehbar, da unter den Modultischen weiterhin Untersuchungen, wie z.B. Überprüfung von Gasaustritten, möglich sind.

Die im Internet veröffentlichten Leistungsdaten der PV-Anlage zeigen eine sehr konstante Energieerzeugung auf hohem Niveau, im Schnitt rd. 480 MW/h pro Jahr.

Die nachfolgenden Fotos geben einen Eindruck von dieser Anlage wieder.



Abb. 9: Rammen der Pfosten für die Modultische



Abb. 10: Aufbau der Modultische



Abb. 11: Blick unter die ca. 1,20 m hohen Modultische und auf den Verstellmechanismus



Abb. 12: Fertige Modultische am Deponiesüdhang der Abfalldeponie Karlsruhe-West

Bezogen auf die Situation der Deponie Wehrden kann daraus folgendes abgeleitet werden:

- Die Aufstellung auf Modultischen kann auch am Südhang der Deponie Wehrden eingesetzt werden, da keine Folienabdichtung vorhanden ist.
- Die Fläche des Südhangs ermöglicht mit 3.500 m² eine großflächige Nutzung der Solarenergie.
- Exposition und Hangneigung stellen ein gutes Potential für die Nutzung von Solarenergie sicher.
- Der Bewuchs auf dem Südhang ist relativ niedrig und lässt sich gut entfernen.

Wegen der sehr guten Betriebserfahrung auf der Deponie Karlsruhe West wird empfohlen auf der Deponie Wehrden ein ähnliches System aufzubauen, das wie folgt charakterisiert werden könnte:

Die Gründung der Gestellpfosten erfolgt durch Rammen oder Einvibrieren von gekanteten, verzinkten Stahlprofilen. Die Rammtiefe liegt bei ca. 1,50 m. Daher wird die im Bereich des Modulfeldes anstehende Rekultivierungsschicht mit einer Stärke von 2,00 m durch die Gründungsarbeiten nicht durchbrochen.

Jeder Modultisch wird mit je 3 Pfosten verankert und trägt 24 Module. Insgesamt werden ca. 275 Tische errichtet. Somit würde sich eine installierte Nennleistung von 396 kWp ergeben.



Abb. 13.: Potentieller Standort einer Photovoltaikanlage am Südhang der Deponie Wehrden

Um das Solarenergiepotential der Deponie Wehrden möglichst umfassend nutzen zu können, wird weiterhin vorgeschlagen, auf der Freifläche gegenüber des Betriebsgeländes auf rd. 1.200 m² eine PV-Anlage mit einer Leistung von 100 kWp zu errichten. Das bisher als Wiese genutzte Gelände würde sich sehr gut für die Nutzung von Solarenergie eignen.

Bei einer spezifischen Ertragsleistung von 900 kWh/a/kWp ergäbe sich damit eine elektrische Gesamtleistung von rd. 450.000 kWh pro Jahr. Damit ergeben sich folgende wirtschaftliche Eckdaten:

Eckdaten der PV-Anlage (Deponie Südhang):

Gesamtleistung:	396 kWp Nennleistung
Anzahl der Module:	6.600
Modultyp:	First Solar FS 60
Nennleistung der Module:	60 W

Abmessung der Module: 1200/600mm
Anzahl der Modultische: 275 Stk.
Wechselrichter: 55 Stk. SMA 6.000

Eckdaten der Anlage (ggü. SWB, Obstwiese):

Gesamtleistung: 100 kWp Nennleistung

Anzahl der Module: 415
Modultyp: Topsola TSM96-125M
Nennleistung der Module: 240W
Abmessung der Module: 1602/1061
Aufständerung: Krinner Fundamentbau- und
Montagesysteme
Wechselrichter: 17 Stk. SMA 6.000

Wirtschaftliche Eckdaten (Freifläche):

Gesamtinvestition: EUR 1.289.600 netto
Eigenkapital: 30%
Nominalzinsdarlehen: 3,5%
Laufzeit Darlehen: 20 Jahre
Spezifischer Ertrag: 900 kWh/a/kWp

Eigenkapitalrendite: ca. 7,5%

Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für diese PV-Anlage ist im Anhang beigefügt.

Durch die geplante Änderung des „Erneuerbare Energie-Gesetz“ ab dem 01. Juli 2010 ist es mittlerweile wirtschaftlich interessant geworden, den erzeugten Solarstrom selbst zu nutzen. Diese Änderung sieht vor, das selbst genutzter Strom einer PV-Anlage auf einer Konversionsfläche mit einem Vergütungssatz von 25,30 ct/kWh abzüglich 12 ct/kWh vergütet wird.

Das heißt, der auf der Deponie Wehrden erzeugte Solarstrom würde aktuell im Falle der Eigennutzung zusätzlich mit 13,30 ct je kWh vergütet. Wird der Strom nicht selbst genutzt, weil z. B. die SiWa-Reinigung nicht in Betrieb ist, kann die erzeugte

Strom weiterhin in das Netz der E.ON eingespeist werden. Über separate Stromzähler ist hier die exakte Auseinanderrechnung möglich.

Addiert man dazu die Ersparnis von 12 ct/kWh für die Stromlieferung von E.ON dazu, ergibt sich wieder eine Einspeisungsvergütung von 25,30 ct/kWh, d.h. es wird infolge der Eigenstromnutzung das gleiche Vergütungsniveau erreicht wie bei einer Volleinspeisung der erzeugten Energie. Die Eigenkapitalrendite ist mit den errechneten 7,5 % als gut zu bezeichnen, insgesamt aber wäre die Eigennutzung des erzeugten Solarstroms wirtschaftlich und damit auch eine autarke Energieversorgung mit elektrischem Strom wirtschaftlich. Zu berücksichtigen ist, dass jedes Jahr die Einspeisevergütung des EEG sinkt und deswegen sich die Wirtschaftlichkeit bei Inbetriebnahme in 2011 oder 2012 entsprechend reduziert. Gleichzeitig ist aber davon auszugehen, dass die Anschaffungskosten sich ebenfalls reduzieren, für die PV-Module und Wechselrichter ist mittelfristig eine Kostenreduzierung um voraussichtlich 15 bis 20 % und damit eine bleibende Wirtschaftlichkeit zu erwarten.

Werden alle PV-Module auf Dächern und Freiflächen zusammen betrachtet, können mittels Sonnenenergie rd. 560.000 kWh elektrischen Stroms auf dem Gelände der Deponie Wehrden nachhaltig regenerativ erzeugt werden, das entspricht 75 % des insgesamt benötigten Bedarfs an elektrischen Strom auf der Deponie Wehrden (750.000 kWh/a). Dies entspricht einer CO₂-Reduktion von rd. 300 Tonnen pro Jahr.



Abb.14: Potentieller Standort für eine Photovoltaikanlage gegenüber dem Betriebsgebäude und der Obstwiese

6.2 Windenergie

Die Auswertung der Winddaten, welche durch den Kreis Höxter zur Verfügung gestellt wurden, ergaben keine zufriedenstellenden Ergebnisse. Um die realen Windverhältnisse am Standort der Deponie Beverungen-Wehrden bewerten zu können, wurden die Ertragsdaten eines naheliegenden Windparks für den Standort der Deponie Beverungen-Wehrden entsprechend übertragen (als Anlage beigefügt). Folgendes Gebiet wurden hierzu in der Nähe des Standortes (Abb. 15: WP Bosseborn) betrachtet.



Abb. 15: WP Bosseborn

Die am Standort der Deponie vorherrschenden Jahresdurchschnittswindgeschwindigkeiten liegen bei $< 5\text{m/sec}$. Diese am Standort vorherrschenden Jahresdurchschnittswindgeschwindigkeiten lassen eine wirtschaftliche Nutzung nicht zu. Damit erübrigt sich die weitere Betrachtung dieser regenerativen Energienutzung für die Deponie Wehrden.

6.3 Biomasse

Die am Standort der Abfallentsorgungsanlage Beverungen-Wehrden zur Verfügung stehende feste Biomasse; ca. 2.500 t Ast- und Strauchwerk und ca. 1.000 t Holz A1-A3; könnte als zusätzlicher Energielieferant genutzt werden.

6.3.1 Biogas

Grundsätzlich ist bei der Nutzung von Biomassen zu prüfen, welche energetische Nutzung, neben einer thermischen Verwertung, noch möglich ist. Das EEG fördert hier sowohl die thermische wie auch die stoffliche Nutzung, z.B. infolge Vergärung der Biomasse mit nachfolgender Nutzung des während der Vergärung anfallenden Biogases.

Dabei muss jedoch beachtet werden, dass die biologische Abbaubarkeit von Biomasse entscheiden dafür ist, ob eine Vergärung dieser Stoffe technisch und wirtschaftlich möglich ist.

Für die Vergärung (anaerober Abbau von organischer Substanz durch Mikroorganismen unter Erzeugung eines energetisch hochwertigen Biogases [Methan und Kohlendioxid] und Wassers) gut geeignet ist z.B. folgende Biomasse:

- Grasschnitt
- Getreidesilage (Mais, Gerste etc.)
- Speiseabfälle
- Küchenabfälle
- Rest aus der Nahrungsmittelproduktion

Bei den beiden ersten Stoffengruppen (sogenannte nachwachsende Rohstoffe: NaWaRo) handelt es sich in der Regel nicht um Abfälle, d.h. diese Stoffe fallen auf der Deponie Wehrden

naturgemäß nicht an. Speise-, Küchen- und Nahrungsmittelproduktionsabfälle werden über die grüne Biotonne oder separate Systeme erfasst und gelangen ebenfalls seit dem Gebot der separaten Erfassung und Verwertung von Bioabfällen nicht mehr zur Deponie Wehrden, sondern werden z.B. im Kompostwerk Oeynhausen behandelt und verwertet.

Damit stellt holzartige Biomasse die einzigen organischen Abfallstoffe dar, die noch auf der Deponie Wehrden zwecks Verwertung (nicht Deponierung!) angeliefert werden dürfen. Holz in jeder Form (Brettholz wie Ast- und Strauchschnitt) zeichnet sich durch einen geringen Wassergehalt und eine biologisch nur langsam abbaubare organische Substanz (vorwiegend Lignine) aus. Damit sind diese Stoffe technisch nur schwer einer Vergärung zu unterziehen, der anaerobe biologische Abbau von Holz kann damit weder technisch noch wirtschaftlich sinnvoll durchgeführt werden. Damit bleibt für die auf der Deponie Wehrden anfallenden Holzstoffe nur der Weg einer thermischen Verwertung, um die in dieser Biomasse enthaltene Energie nutzen zu können.

6.3.2 Holzhackschnitzelheizwerk

Die am Standort Beverungen-Wehrden benötigte thermische Energie könnte komplett bzw. teilweise aus der am Standort vorhandenen festen Biomasse zur Verfügung gestellt werden.

Diese könnte durch ein Holzhackschnitzelheizwerk in einer Leistungsklasse von ca. 1,5 MW zur Verfügung gestellt werden. Bei 3.000 Jahresbetriebsstunden und einem Wirkungsgrad von 90% entspräche dies einer thermischen Leistung von 4.000.000 kWh thermischer Energie pro Jahr.



Abb. 16: Holzhackschnitzelheizwerk

Die Investitionssumme für die Errichtung eines Holzhackschnitzelheizwerkes in der genannten Größenordnung beläuft sich auf ca. EUR 900.000,00 zzgl. MwSt.. Im Folgenden wird das Holzhackschnitzelheizwerk wirtschaftlich unter Berücksichtigung steuerlicher Aspekte betrachtet.

An die Gültigkeit der Holzhackschnitzel werden aufgrund der eingesetzten Rostfeuerung keine besonderen Anforderungen

gestellt. Es können sowohl feuchte Holzreste als auch asche-
reiche Rindenabfälle verwertet werden. Wichtig ist jedoch, dass
das Holz nicht durch Gartenabfälle und Störstoffe (Steine, Me-
talle etc.) verunreinigt wird, die zum einen die Herstellung der
Hackschnitzel wegen hohem Aufbereitungsaufwand verteuern
und zum anderen die Qualität und den Heizwert der Hack-
schnitzel u. U. deutlich reduzieren.

Darum muss für eine professionelle energetische Nutzung strikt
darauf geachtet werden, dass die zurzeit in den Ast- und
Strauchabfällen enthaltenen Störstoffe zukünftig dort nicht mehr
beigemischt werden. Zu erreichen ist dies vor allen durch effek-
tive und strikte Kontrollen und gezielte Aufklärung der Anlieferer
dieser Holzstoffe. Anzustreben ist letztendlich die Hackschnit-
zelgüte G50 – G100!

Der voraussichtliche Verbrauch an Holzhackschnitzeln liegt bei
ca. 1.250 Tonnen. Dies entspricht ca. einer Menge von 6.100
SRM. Ein entsprechendes Silo sollte für eine Kapazität von 100
m³ Holzhackschnitzel ausgelegt sein. Dies entspricht einer Vor-
rathaltung von ca. 5 Tagen.

Durch den Ersatz von fossilen Energieträgern (HEL) werden pro
Jahr ca. 400.000 Liter Heizöl eingespart. Dies entspricht einer
Reduktion von CO₂-Emissionen von 1.144 Tonnen pro Jahr.

Technische Eckdaten des Holzhackschnitzelheizwerkes:

Feuerungswärmeleistung:	1.500 kW
thermische Nutzleistung:	1.350 kW
Betriebsstunde:	3.000 h/a
Wärmeertrag:	4.000.000 kWh/a

Input : 1.250 t/a (6.100 srm/a)

- naturbelassenes Waldholz
- Häckselgut aus Landschaftspflege

Wirtschaftliche Eckdaten des Holzhackschnitzelheizwerkes:

Gesamtinvestition:	EUR 900.000,00
Eigenkapital:	20 %
Nominalzinsdarlehen:	3,5%
Laufzeit Darlehen:	11 Jahre

Eine detaillierte Wirtschaftlichkeitsberechnung, die einen nennenswerten betrieblichen Gewinn über 20 Jahre von rd. 3,9 Mio. € ausweist, ist als Anlage zu diesem Bericht beigefügt. Aber auch der einfache Vergleich von Wärmegestehungskosten je kWh zeigt, dass im vorliegenden Fall die Errichtung und der Betrieb einer Holzhackschnitzelheizwerkes auf der Deponie Wehrden lohnenswert ist, da die Rohstoffe nahezu kostenlos verfügbar sind:

Wärmegestehungskosten:

Fossile Energieträger (HEL):	0,06€/kWh
Holzhackschnitzel:	0,02€/kWh

Damit sprechen sowohl wirtschaftliche wie logistische Gründe (gesicherte Anlieferung von Holzhackschnitzeln aus der Region) klar für die Errichtung und Betrieb eines Holzhackschnitzelheizwerkes, das den Bedarf an thermischer Energie auf dem Deponiestandort für die Eindampfung des Permeates aus der SiWa-Reinigungsanlage und die Gebäudebeheizung abdeckt.

6.3.3 Fernwärmeversorgung externer Liegenschaften

Angesichts der guten Ergebnisse aus der genannten Wirtschaftlichkeitsberechnung ist es sinnvoll zu prüfen, ob über ein Holzhackschnitzelheizkraftwerk nicht auch externer Liegenschaften mit Fernwärme wirtschaftlich versorgt werden können. Die nähere Betrachtung der umliegenden Ortschaften Amelunxen (ca. 1,9 km) und Wehrden (ca. 1,35 km entfernt) zeigt allerdings, dass dort nur wenige größere Gebäude mit entsprechendem Wärmebedarf existieren (Amelunxen: Grundschule 90 Schüler, KiGA: 50 Kinder; Wehrden: Schule f. Lernbehinderte). Entsprechende Gebäude mit einem gehobenen Wärmebedarf, wie z.B. Schulen, Kindergärten, Krankenhäuser, Schwimmbäder etc., sind aber eine Grundvoraussetzung für eine wirtschaftliche Fernwärmeversorgung im Bestand. Der Anschluss von Einfamilienhäusern einer Ortschaft im Bestand ist technisch und baulich sehr aufwendig, und darum wirtschaftlich oft deswegen nicht darstellbar. Zudem unterliegt der Fernwärmeanschluss von EFH i.d.R. einem langwierigen Entwicklungs- und Entscheidungsprozess. Größere Neubaugebiete, die über eine Anschlusspflicht eine kosteneffektive und zeitlich überschaubare Anschlusssituation darstellen würden, sind bei beiden Ortschaften nicht vorhanden und zukünftig auch nicht zu erwarten. Öffentliche wie private Gebäude (Ausnahme: Hallenschwimmbad) haben zudem das „Problem“, dass sie Wärme eigentlich nur während der allgemeinen Heizperiode im Zeitraum Oktober bis Mai benötigen. Sämtliche Infrastruktur- und Betriebskosten müssen also auf diesen Zeitraum umgelegt werden.

Für die Infrastruktur wären ein relativ langes Zuleitungsnetz (Trassenlänge Amelunxen: rd. 1.900 m, Wehrden: rd. 1.350 m) mit Bahn-, Straßen- und Gewässerunterquerungen sowie ein entsprechendes Verteilernetz für die Fernwärmeversorgung zu erstellen. Die dafür erforderlichen Kosten von rd. 300 €/lfdm

Wärmeleitung würden einschl. Hausübergabestationen sowie Förder- und Steuerungseinrichtungen etc. für eine Wärmeleitung nach Wehrden Investitionen von deutlich über 500.000 € bedeuten. Zuzüglich der für die höhere Kesselleistung erforderlichen Investitionen und der zu erwartenden Betriebskosten für Wartung, Pumpenstrom, erhöhter Logistikaufwand und Finanzierungskosten ergeben sich Kosten für die Fernwärmeerzeugung von mindestens 0,06 €/kWh, die damit auf bzw. über dem Niveau der Wärmegestehungskosten von Heizöl liegen.

Etwaige Interessenten für diese Fernwärme würden bei einem derartigen Preisniveau sicherlich zudem darauf bestehen, eine Vollwärmeversorgung über das Hackschnitzelheizwerk zu erhalten, um die vorhandenen Öl- und Gasheizungen nicht mehr betreiben zu müssen. Erfahrungsgemäß sind Wärmeabnehmer nur dann bereit ihre vorhandene (alte) Heizanlage zur Abdeckung von Spitzenlasten und Wartungsausfällen beim Hackschnitzelheizkraft in Betrieb zu halten, wenn die Fernwärme deutlich günstiger ist als die eigene Öl- oder Gasheizung.

Ein Vollversorgungsvertrag für Fernwärme würde aber zum einen die Kosten für die Fernwärme noch weiter steigen lassen (Vorhaltung eines Spitzen- und Havariekessels mit Öl- oder Gasbetrieb) und zum anderen den Geschäftsbereich des Kreises Höxter deutlich über den Deponiebetrieb hinaus erweitern (Dienstleister für Wärmeversorgung).

Damit ist aus Sicht der Verfasser eine Fernwärmeversorgung externer Liegenschaften auch mittelfristig wirtschaftlich und betrieblich nicht sinnvoll.



Abb. 17: Lage der Deponie zu Amelunxen und Wehrden

6.3.3 Holzhackschnitzelkraftwerk mit ORC-Technik

Eine weitergehende Möglichkeit der thermischen Nutzung der Holzabfälle am Deponiestandort Wehrden stellt ein sogenanntes ORC-Holzheizkraftwerk dar. Hier wird neben der Wärmeenergie zusätzlich elektrische Energie ausgekoppelt, deswegen auch die Bezeichnung Kraftwerk statt Heizwerk. Dahinter steckt die Überlegung, durch thermische Behandlung von Holzstoffen auch elektrische Energie zu erzeugen. ORC (Organic Rankine Cycle) steht als Kürzel für einen thermodynamischen Kreisprozess. Mit der ORC-Technik ist eine Stromerzeugung bereits bei deutlich niedrigen Temperaturen möglich, als man sie für Dampfturbinen benötigt. Die Technik arbeitet ähnlich einem klassischen Wasserdampfprozess, verwendet aber anstatt Wasser ein organisches Arbeitsmedium (Thermo-Öle wie Iso-Pentan oder Iso-Oktan, Silikonöl). Da dieses günstigere Verdampfungseigenschaften besitzt, kann es mit niedriger Temperatur und geringem Druck zum Antrieb einer Turbine verwendet werden – dem Brennstoff Holz kommt mit seinen energetischen Eigenschaften eine ORC- Turbine so entgegen.

Das Funktionsprinzip kann vom technischen Ablauf her wie folgt beschrieben werden:

- Die Biomasse wird in einem **Biomassekessel** verbrannt,
- das Rauchgas durchströmt einen **Thermoölkessel**
- über den Thermoölkreislauf wird dem **Dampferzeuger** (Verdampfer) Wärme zugeführt
- Thermo- oder Silikonöl verdampft, Dampf treibt **Turbine** an
- Turbine ist mit **Generator** gekoppelt, Generator erzeugt Strom
- entspannter Dampf gelangt über **Rekuperator** in einen **Kondensator**

- abgeführte Wärme wird für **Heißwassererzeugung oder Prozesswärme** genutzt
- Kondensat wird über Pumpe wieder auf Betriebsdruck gebracht und über den Rekuperator in den Verdampfer geleitet

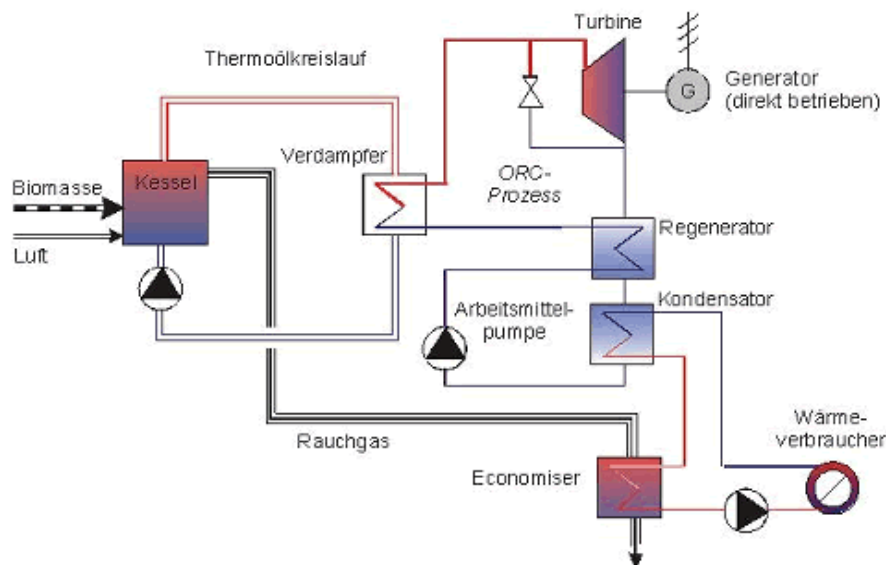


Abb. 18: Schematische Darstellung des ORC-Prozesses bei einem Biomasseheizkraftwerk

Wie zuvor erläutert, stehen am Standort bzw. im Umkreis der Deponie keine geeigneten zusätzlichen Wärmeabnehmer zur Verfügung, wodurch es wirtschaftlich nicht sinnvoll ist, die Kapazität der Wärmeleistung zu erhöhen.

Da aber über eine ORC-Anlage durch die thermische Verwertung der Holzstoffe auch elektrischen Strom erzeugt werden kann, wurde auch der Einsatz dieser Verfahrenstechnik im Sinne einer Effizienzsteigerung der thermischen Holzverwertung am Standort Wehrden geprüft.

Bei einer Feuerungswärmeleistung von 1.500 kW wäre der Betrieb einer ORC-Anlage in der Größenordnung von max. 200 kW el. möglich.

Während der Einsatz von ORC-Anlagen zwischen 400 und 2.000 kW elektr. Leistung in Verbindung mit einem Hackschnitzelheizwerk schon vielfach in Deutschland und Österreich wirtschaftlich realisiert wurde (ca. 80 Anlagen europaweit; Obernberger et. al., 2009), befinden sich ORC-Anlagen mit deutlich geringerer Leistung zur Zeit noch im Pilotprojektstadium (C.A.R.M.E.N, 2004 und Obernberger et al., 2009). Die Technik kleiner ORC-Anlagen (< 500 kW elektr.) gilt als noch nicht ausgereift, der beim gegenwärtigen Entwicklungsstand realisierbare elektr. Wirkungsgrad von 10 bis 15 % (bezogen auf die thermische Ausgangsleistung) muss, angesichts der hohen Anschaffungs- und Betriebskosten, noch gesteigert werden.

Da zum wirtschaftlichen Betrieb einer ORC-Anlage mit z. B. 600 kW elektr. ein entsprechend leistungsstarkes Hackschnitzelheizwerk mit 4,5 MW therm. Leistung betrieben werden müsste, kann diese Technik zur Zeit nicht empfohlen werden. Vielmehr wäre es sinnvoll, die weitere Entwicklung kleinerer ORC-Anlagen abzuwarten, um ggf. in 5 bis 10 Jahren diese Technik zur Erzeugung von elektr. Energie aus der thermischen Verwertung von Biomasse erneut in Erwägung ziehen.

6.4 Latentwärmespeicher

Latentwärmespeicher sind Speicher, die thermische Energie über einen gewissen Zeitraum mit vielen Wiederholungszyklen verlustarm (Wärmeverluste <0,5% pro Tag) speichern können.

Die Fa. LaTherm hat hier einen Container im 20' Format entwickelt, welcher über Biogas-, Biomasse-, und Industrieanlagen mittels einfacher, wasserbasierender Wärmetauscher beschickt wird. Der Beladungsprozess dauert - je nach Temperatur und Wärmemenge – einige Stunden.

Die Kosten eines solchen Systems (20' Container) liegen bei EUR 65.000 pro Container. Die Lade- bzw. Entladestation erhöht die Kosten um weitere EUR 5.000,00 bis EUR 10.000. Die Nutzungsdauer eines Latentwärmespeichers wird aktuell mit 15 Jahren betitelt.

Aufgrund der Wärmegestehungskosten von größer EUR 0,09/kWh (Herstellerangabe) gegenüber Wärmegestehungskosten von Heizöl in Höhe von aktuell EUR 0,06 je kWh ist die Technik zurzeit noch nicht wirtschaftlich zu vertreten. Es bedarf hier weiterer Entwicklungen um diese Technologie wirtschaftlich und zuverlässig einsetzen zu können. (Daten des Containers der Fa. LaTherm in der Anlage!).



Abb. 19: Mobiler Latentwärmespeicher

6.5 Deponiegasverwertung

Die aktuell am Standort der Abfallentsorgungsanlage Wehrden befindliche Deponiegaserfassung und -verdichtungsstation ist technisch nicht mehr auf dem neuesten Stand, weswegen sie einer generellen Sanierung bedarf.

Aktuell wird die Deponie über 41 vertikale Gasbrunnen in klassischer Ausführung mit einer Gasmenge von $< 30\text{m}^3/\text{h}$ besaugt. Um die Sickerwasserbehandlung und die Haustechnik mittels Wärme aus Deponiegas zu versorgen, bedarf es einer Gasmenge von $130\text{ m}^3/\text{h}$. Die Differenz von $100\text{m}^3/\text{h}$ wird aktuell durch fossile Energieträger (HEL) zur Verfügung gestellt.

Gem. Expertengutachten aus 05/2009 befinden sich lediglich 11 von 24 Gasbrunnen der Schüttphase IV in einem akzeptablen Zustand. Da die Abfallentsorgungsanlage lt. Gutachten ein überdurchschnittliches Deponiegasvorkommen aufweist, wird die professionelle Instandsetzung der Gasbrunnen auf die entsprechende Technik empfohlen. Neben der Instandsetzung einzelner Gasbrunnen sollten zwei neue Gasbrunnen im Bereich zwischen den Gasbrunnen G44-G46, G45-G47 und G36/2-G37/2 gebohrt werden.

Tiefenfilterter Gasbrunnen *Klassischer Gasbrunnen*

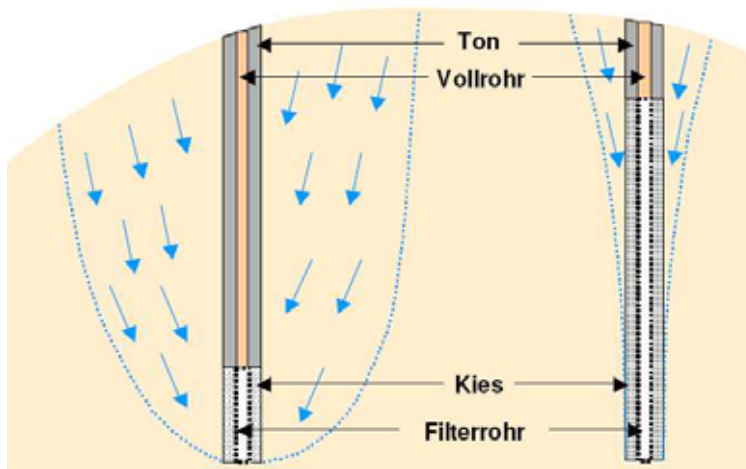


Abb. 20: Tiefenfilterter Gasbrunnen im vgl. zum klassischem Gasbrunnen

Durch die Instandsetzung der Gasbrunnen in Verbindung mit einem neuen Gasfassungssystem ließe sich die zu schöpfenden Gasmenge um ein mehrfaches steigern. Lt. Gutachten wäre eine zukünftige Gasmenge von $> 100\text{m}^3/\text{h}$ durchaus realistisch.

Für den Deponiebetreiber ergeben sich durch die Gasbrunnen-ertüchtigung sowohl kurz-, wie mittel- und langfristige ökologische und ökonomische Vorteile:

Kurzfristig

- ⚡ Emissionsreduzierung

Mittelfristig

- ⚡ s.o.
- ⚡ Einsparungen beim Bau der endgültigen Oberflächenabdichtung gem. der Verordnung zur Vereinfachung des Deponierechts

Langfristig

- ⚡ Verkürzung der Nachsorgezeit
- ⚡ Reduzierung der Nachsorgeaufwendung

Laut der Kostenschätzung des Kreises Höxter werden die Kosten für die Neuanlage zweier Gasbrunnen einschließlich der Sanierung von Nebeneinrichtungen mit rd. 300.000,00 € einschl. MwSt. beziffert. Damit würde die Versorgung der SiWa-Behandlung mit thermischer Energie zum Eindampfen des SiWa-Konzentrates auf 10 Jahre sicher gestellt und dementsprechend Heizölkosten von gegenwärtig 25.000 – 40.000 € (40.000 bis 70.000 HEI/a) pro Jahr. Das entspräche eine Amortisierung innerhalb von 7 bis 10 Jahren, je nachdem, wie sich der SiWa-Anfall und die Heizölpreise entwickeln und die CO₂-Ersparnis und Verkürzung der Nachsorge mit infolge schnellerer Entgasung nicht mitgerechnet.

Eine weitere deutliche Steigerung der Gasausbeute, um wieder ein BHKW zur Erzeugung von elektrischer Energie betreiben zu können, wäre nur durch weitere Gasbrunnen-Neuanlagen möglich. Da wegen der insgesamt abnehmenden Gasproduktion der Abfalldéponie und der damit einhergehenden Verschlechterung der Gasqualität (Methangehalt < 50 %) ein BHKW zusätzlich zur Wärmeversorgung der SiWa-Reinigung voraussichtlich nur noch für 5 Jahre wirtschaftlich betreibbar wäre, rechnen sich die Investitionskosten für weitere neue Gasbrunnen und ein BHKW gegenüber der dann möglichen Einspeisevergütung nicht:

Annahmen:

zusätzlicher Gasertrag: 100 m³/h

BHKW-Leistung: 200 kW

Jahresverfügbarkeit BHKW: 90 % = 7.884 h

Einspeisevergütung: 0,09 €/kWh

Mögliche jährliche Einspeisevergütung: rd. 142.000 €

Gasqualität ist über 5 Jahre > 50 % Methan (Bedingung für Gasmotor)

Invest: 300.000 € für weitere zwei Gasbrunnen zzgl.

220.000 € für Container-BHKW

Betriebskosten (Wartung, Schmierstoffe, Ersatzteile etc.):

pauschal 30.000 € /a

Kapitalkosten auf 5 Jahre, Zinssatz 3 %: rd. 108.000 €/a

Jährliche Kosten: ca. 138.000 €

Rechnerischer Ertrag: 4.000 €/a

Da zum jetzigen Zeitpunkt nicht klar ist, ob auf der Deponie Wehrden nach dem Neubau von Gasbrunnen und der Ertüchtigung des bestehenden Gaserfassungssystems ein 200-kW-BHKW tatsächlich über fast 8.000 Stunden im Jahr unter Volllast betrieben werden kann, muss der errechnete Ertrag von 4.000 €/a als reiner Orientierungswert gesehen werden. Da zudem die obigen Annahmen ebenfalls einen gewissen Spielraum zu lassen, ist es auch möglich, dass kein Gewinn oder sogar ein defizitäres Ergebnis erwirtschaftet wird. Damit kann der erneute Betrieb eines BHKW mit Deponiegas, welches nur noch in begrenzten Mengen zur Verfügung stehen wird, nicht als wirtschaftlich sinnvoll bewertet werden. Von Nachteil ist zudem der Umstand, dass auch die vom BHKW erzeugte Abwärme (200 kW: ca. 1,76 Mio. kWh/a nutzbare thermische Energie) nicht einmal annähernd den Wärmebedarf der SiWA-Reinigung

(4,0 Mio. kWh/a) decken könnte. Dies gilt selbst dann, wenn statt eines Gaskessels und eines 200 kW-BHKW z. B. ein 400 kW-BHKW betrieben würde.

7 Fördermaßnahmen und Zuschüsse

Förder- und Zuschussprogramme unterliegen häufigen Änderungen. Auslaufen alter Programme und Neuauflagen von Programmen mit veränderten Bedingungen erschweren die Möglichkeit einer aktuellen Übersicht. Zur Förderung konkreter Projekte ist i. d. R. immer eine Einzelanfrage über Fortbestand von Programmen sowie verfügbare Mittel zu machen.

Wichtigste Anlaufstellen sind:

- ⚡ Bundesministerium für Wirtschaft
- ⚡ Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
- ⚡ Bundesumweltamt

8 Umsetzung und Maßnahmen

Im Folgenden werden sämtliche Teilergebnisse zusammengestellt und die notwendigen Umsetzungsschritte aufgezeigt.

8.1 Empfohlene Handlungsschritte

Für die nachhaltige Energieversorgung der Deponie Wehrden empfiehlt folgende mehrstufige Vorgehensweise:

- Zuerst sollte in die Deponiegasnutzung ertüchtigt und intensiviert werden, um in einem ersten Schritt die thermische Energieversorgung des Deponiebetriebes sicherzustellen und Heizöl als Energieträger auszuschließen.
- In einem zweiten Schritt sollte die Nutzung von Solarenergie deutlich intensiviert werden. Unter Einbeziehung der südlichen Deponieböschung könnte die Versorgung mit elektrischer Energie zu über zwei Dritteln aus eigener Kraft ermöglicht werden.
- In einem dritten und letzten Schritt sollte die thermische Nutzung der Holzabfälle erfolgen, um auch nach Rückgang der Deponiegasbildung die erforderliche thermische Energie zu erzeugen und vorhalten zu können. Hat sich die dazu erforderliche Logistik eingespielt, kann die Erhöhung der Jahresleistung und die Installation einer ORC-Anlage zur Erneuerung elektrischer Energie erneut geprüft und ggf. auch die Abdeckung des verbliebenen Bedarfs an elektrischem Strom (ca. 200.000 kWh) aus selbst erzeugter Energie realisiert werden.

Damit ergeben sich folgende Arbeitspakete zur Umsetzung der zuvor genannten Empfehlungen:

Paket 1:	Deponiegasverwertung
Objekt:	Deponiekörper
Technik:	Gasfassungssystem, Gasbrunnen
Akteure:	Kreis Höxter
Potential:	Energiesparpotential 4.000MWh _{th} /a CO ₂ Einsparung 276 t/a
	Investitionssumme -EUR 300.000,00- zzgl. MwSt.
Finanzierung:	Land Nordrhein-Westfalen EEG flexible Marktmechanismen des Kyoto-Protokolls
Realisierungszeitraum:	sofort, kurzfristig

Paket 2:	Solarenergie
Objekt:	Elektronikschrotthalle u. Maschinenhalle (95 kWp) ----- Deponie Südhang u. ggü. Sickerwasser- behandlung (496 kWp)
Technik:	Photovoltaik
Akteure:	Kreis Höxter, lokale Firmen aus dem Bereich PV
Potential:	Energiesparpotential 531.900kWh _{el} /a CO ₂ Einsparung 287 t/a,
	Investitionssumme -EUR 247.000,00- -EUR 1.289.600,00- jeweils zzgl. MwSt.
Finanzierung:	Land Nordrhein-Westfalen EEG
Realisierungszeitraum:	sofort, kurzfristig

Paket 3:	Biomasse
Objekt:	Deponie Beverungen-Wehrden
Technik:	Holzhackschnitzelheizwerk mit Option ORC-Anlage
Akteure:	Kreis Höxter, Landesinitiative Zukunftsenergien NRW
Potential:	Energiesparpotential 4.000MWh _{th} /a CO ₂ Einsparung 1.144 t/a, Investitionssumme - EUR 900.000,00 - zzgl. MwSt.
Finanzierung:	Land Nordrhein-Westfalen, Europäische Union BMU (20€/kW zzgl. 10€/KW bei Errichtung eines Pufferspeichers von 30l/kW, Gesamthöchstförderung max. 100.000€)
Realisierungszeitraum:	in den nächsten 5 Jahren, je nach Gasbildungspotential

Alle Entwicklungsschritte sind dauerhaft wirtschaftlich im Rahmen des EEG darstellbar und ermöglichen somit eine nachhaltige sowie technisch und wirtschaftlich autarke, Energieversorgung der Deponie Wehrden innerhalb der Nachsorgezeit und auch darüber hinaus.

8.2 Vorschläge zur Co-Finanzierung der Maßnahmen über Emissionshandel

Eine Möglichkeit zur Optimierung der Wirtschaftlichkeit der einzelnen vorgeschlagenen Maßnahmenpakete liegt im Einsatz von sogenannten flexiblen Marktmechanismen. So wäre es möglich, ab dem Jahr 2013 Emissionsreduktionen als eine zusätzliche Finanzierungsquelle zu nutzen. Pro Tonne eingespartes CO₂ könnten, je nach Kurs, 10,00 - 25,00 € über max. 21 Jahre (3 x 7 Jahre gem. Kyoto Protokoll) als Gegenfinanzierung erwirtschaftet werden.

Der Emissionshandel basiert dabei auf folgenden Grundlagen:

Klimaschutzprojekte der Gemeinsamen Umsetzung (Joint Implementation – JI) gehören, ebenso wie der Clean Development Mechanism (CDM), zu den projektbasierten flexiblen Kyoto-Mechanismen. Sie beruhen auf Artikel 6 des Kyoto-Protokolls und bieten Industrieländern eine Möglichkeit zur Minderung der Treibhausgase im gastgebenden Industrieland, entsprechend ihrer Verpflichtung im Kyoto-Protokoll. Auch private wie kommunale Unternehmen können sich an JI-Projekten beteiligen und die ihnen dadurch zufließenden Zertifikate nutzen. An JI-Klimaschutzprojekten dürfen sich grundsätzlich nur die in Annex B des Kyoto-Protokolls genannten Länder – respektive Unternehmen in diesen Ländern – beteiligen.

Teilnahmekriterien zur Durchführung von JI-Projekten

Bei der Durchführung von JI-Projekten kommt es darauf an, inwieweit die beteiligten Staaten die Voraussetzungen zur Teilnahme an den Kyoto-Mechanismen erfüllen. Diese Kriterien sind in den Marrakesch-Beschlüssen niedergelegt und umfassen im Einzelnen:

1. Ratifikation des Kyoto-Protokolls
2. vorliegende Berechnung der Ausstattung mit zugeteilten Emissionsrechten (Assigned Amount Units, AAU, nach Annex B des Kyoto-Protokolls)
3. Einrichtung eines nationalen Systems zur Abschätzung seiner Treibhausgasemissionen und -speicherung durch Senken
4. Einrichtung eines computerbasierten nationalen Registers
5. rechtzeitiges Einreichen seines jährlichen Emissionsinventars
6. Einreichung zusätzlicher Informationen über den Assigned Amount

Ein sogenanntes „Investorland“ muss alle Zulassungsvoraussetzungen von 1 bis 6 erfüllen.

Das sogenannte „Gastgeberland“ muss mindestens die Kriterien 1, 2 und 4 erfüllen, um am JI-Mechanismus teilnehmen zu können.

Erfüllt ein Gastgeberland alle die oben genannten Kriterien 1 bis 6, dann kann es selbst die Reduktion von Treibhausgasen oder ihre Speicherung durch Senken verifizieren und entsprechend Emission Reduction Units (ERU) ausstellen. Ferner kann das Land die Ausgestaltung der Anforderungen an JI-Klimaschutzprojekte und des zu durchlaufenden Projektzyklus weitgehend selbst bestimmen. Dieses für die beteiligten Staaten einfachere Verfahren wird als „JI-Track 1“ bezeichnet.

Wenn ein Gastgeberland lediglich die Kriterien 1, 2 und 4 erfüllt, dann wird die Durchführung des JI-Projekts von dem JI-Aufsichtsgremium, dem so genannten JI Supervisory Committee (JISC), überwacht. Dieses internationale Verfahren ist dem CDM-Verfahren recht ähnlich und wird als „JI-Track 2“ bezeichnet.

Jenen Gastgeberstaaten, die die Voraussetzungen für Track 1 erfüllen, steht es allerdings auch frei, Track 2 zu wählen.

Nachfolgend ist der schematische Ablauf eines JI-Projektes dargestellt:



Abb. 21: schematischer Ablauf eines JI-Projektes.

Die infolge der Umsetzung der 3 Maßnahmenpakete jährliche CO₂-Reduktion von rd. 1.700 Tonnen hätte so einen Wert von mindestens 13.000 € pro Jahr. Hochgerechnet auf 21 Jahre Laufzeit entspräche dies Einnahmen von 357.000 €. Abzüglich der Zertifizierungskosten zur Generierung der CO₂-Zertifikate (ca. 10 bis 20 % des Zertifikatwertes) ständen damit dann 300.000 € effektive Einnahmen zur Verfügung. Damit kann dem Kreis Höxter nur empfohlen werden, die weitere Entwicklung dieser Co-Finanzierungsmöglichkeit im Auge zu behalten und auch umzusetzen.

9 Zusammenfassung und Empfehlung

Für die ehemalige Siedlungsabfalldeponie Wehrden des Kreises Höxter war ein Energie- und Klimaschutzkonzept zu entwickeln, um die Energieversorgung der Deponie während der Nachsorgephase nachhaltig zu sichern.

Zurzeit erfolgt die Energieversorgung, vor allem der besonders energieaufwendigen Sickerwasserbehandlung, nur teilweise über die Nutzung des vorhandenen Deponiegases. Je nach Betriebsbedingung der Deponie muss Heizöl und auch elektrische Energie zugekauft werden. Regenerative Energie wird bisher nur in geringem Umfang über die Installation einer 30 kWp PV-Anlage genutzt bzw. in das öffentliche Netz eingespeist.

Weitere PV-Anlagen, z. B. auf der Elektronischrotthalle, Maschinenhalle sowie auf verschiedenen Freiflächen (Deponiekörper und Freifläche ggü. der Sickerwasserbehandlung) sind geplant.

Ziel des Energiekonzeptes ist es, die vorhandenen Energieresourcen in Form des quasi regenerativen Deponiegases bestmöglich zu nutzen und Möglichkeiten der nachhaltigen Nutzung von regenerativer Energie aufzuzeigen, um zumindest mittelfristig die Nutzung von fossilen Energieträgern vollständig zu vermeiden.

Wesentliche Voraussetzung für eine optimale Nutzung des vorhandenen Deponiegases und deutliche Reduzierung des Einsatzes fossiler Energie ist die Ertüchtigung einiger der vorhandenen 41 Gasbrunnen sowie der Bau zweier neuer Gasbrunnen im Deponiebereich mit ergiebiger Gasneubildung. Durch diese vergleichsweise kostengünstige Maßnahme von ca.

150.000 € kann die thermische Energieversorgung der Sickerwasserbehandlungsanlage (Eindampfen des Konzentrates) und des Betriebsgeländes für die nächsten 10 Jahre sichergestellt werden. Leider reicht die Deponiegasmenge nicht aus, wieder ein Blockheizkraftwerk (BHKW) wirtschaftlich zu betreiben, um die jährlich zum Betrieb der Sickerwasserbehandlung erforderlichen 750.000 kWh elektrische Energie zu erzeugen. Somit ist nur eine thermische Nutzung des erzeugten Deponiegases über einen Gaskessel möglich.

Im Rahmen des Energiekonzeptes wurden daraufhin folgende regenerativen Energieträger auf ihre wirtschaftliche Anwendbarkeit für den Betrieb der Abfalldéponie Wehrden untersucht:

Solarenergie

Der Standort Wehrden ist für die Nutzung von Solarenergie bzw. Photovoltaik gut nutzbar. Die schon vorhandene 30 kWp PV-Anlage erzeugt rund 27.000 kWh elektrische Energie pro Jahr, die z. Zt. geplante 95 kW PV-Anlage auf der Maschinenhalle wird weitere 85.500 kWh pro Jahr erzeugen. Als weitere Fläche für die Aufstellung von PV-Anlagen bieten sich sowohl die Freifläche vor der Sickerwasserbehandlungsanlage wie auch die südliche Deponieböschung selbst an.

Um die Module an der südlichen Deponieböschung trotz zu erwartender Setzungen optimal in Richtung der Sonneneinstrahlung ausrichten zu können, wird eine Aufstellung auf sogenannte Modultische empfohlen, die sich dreidimensional verstellen lassen. Diese Art der PV-

Modulaufstellung hat sich z. B. auf der Deponie Karlsruhe West seit vier Jahren bewährt.

Durch die Nutzung von Freifläche und Deponiesüdhang könnte eine Jahresstrommenge von ca. 450.000 kWh erzielt werden, die ca. 114.000 € Ertrag pro Jahr bei Einspeisung in das öffentliche Stromnetz oder eine entsprechende Einsparung bei Eigennutzung ermöglichen. Das erforderliche Investitionsvolumen beträgt ca. 2.600 €/kWp elektrischer Energie. Bei einer Anlage in der Größenordnung ≤ 500 kWp entspräche dies einer Gesamtinvestition von ca. 1.300.000 € zzgl. Mehrwertsteuer.

Biomasse

Die am Deponiestandort zur Verfügung stehende Biomasse in Form von rd. 1.000 t Altholz (A1 – A3) und 2.500 t Ast- und Strauchwerk können in einem Hack- schnitzelkraftwerk genutzt werden. Möglich wäre damit eine Leistung von 1,5 MW thermische Energie.

Bei angesetzten 3.000 Jahresbetriebsstunden und einem Wirkungsgrad von 90 % sind rd. 4.000.000 kWh thermischer Energie zu erzielen, die zum Betrieb der Sickerwasserbehandlungsanlage und der Gebäudeheizung ausreichen würden.

Die Akquirierung von weiteren Holzmen- gen zur Steigerung der Jahresleistung macht wirtschaftlich nur Sinn, wenn spe- ziell auch die Effektivität von kleineren ORC-Anlagen zur Erzeugung elektrischer Energie durch weitere technische Ent- wicklung gesteigert wird.

Die Abgabe von Fernwärme in die be- nachbarten Orte Amelunxen oder Wehr- den ist mangels größerer thermischer Energieverbraucher, speziell auch im Sommer (z.B. Frei- oder Hallenbäder) nicht wirtschaftlich. Auch eine Speiche- rung von thermischer Energie ist, zumin- dest zurzeit, nicht wirtschaftlich und tech- nisch noch nicht ausgereift (Container- speicher).

Die Investitionskosten für eine Holzhack- schnitzelanlage betragen rd. 900.000 € zzgl. Mehrwertsteuer, die Kosten für die kWh thermische Energie belaufen sich auf 0,02 €/ kWh und sind somit wirtschaft- lich.

Voraussetzung für den wirtschaftlichen Betrieb des HHWs ist eine strukturierte und qualitätsorientierte Holzaufbereitung.

Windenergie Die Auswertung vorhandener Winddaten und eines eigens für die Deponie Wehrden erstellten Windgutachtens zeigen, dass die Jahresdurchschnittswindgeschwindigkeit deutlich unter 5,0 m/s liegt. Damit ist eine wirtschaftliche Windenergienutzung an diesem Standort nicht möglich.

Damit empfiehlt sich für die nachhaltige Energieversorgung der Deponie Wehrden eine mehrstufige Vorgehensweise:

- Zuerst sollte in die Deponiegasnutzung ertüchtigt und intensiviert werden, um in einem ersten Schritt die thermische Energieversorgung des Deponiebetriebes sicherzustellen und Heizöl als Energieträger auszuschließen.
- In einem zweiten Schritt sollte die Nutzung von Solarenergie deutlich intensiviert werden. Unter Einbeziehung der südlichen Deponieböschung könnte die Versorgung mit elektrischer Energie zu über zwei Dritteln aus eigener Kraft ermöglicht werden.
- In einem dritten und letzten Schritt sollte die thermische Nutzung der Holzabfälle erfolgen, um auch nach Rückgang der Deponiegasbildung die erforderliche thermische Energie zu erzeugen und vorhalten zu können. Hat sich die dazu erforderliche Logistik eingespielt, kann die Erhöhung der Jahresleistung und die Installation einer ORC-Anlage zur Erneuerung elektrischer Energie erneut geprüft und ggf. auch die Abdeckung des verbliebenen Bedarfs an elektrischem

Strom (ca. 200.000 kWh) aus selbst erzeugter Energie realisiert werden.

Alle Entwicklungsschritte sind dauerhaft wirtschaftlich im Rahmen des EEG darstellbar und ermöglichen somit eine nachhaltige sowie technisch und wirtschaftlich autarke, Energieversorgung der Deponie Wehrden innerhalb der Nachsorgezeit und auch darüber hinaus.

Brakel/Lichtenau April 2010