

# **Plan stratégique de développement des énergies renouvelables**

## **Etape 2**



**Administration communale de Betzdorf**

**ABSCHLUSSBERICHT**

**Mai 2014**

erstellt von



6, Jos Seylerstroos  
L-8522 Beckerich  
Tel: 268818  
Fax: 268819  
[www.energiepark.lu](http://www.energiepark.lu)



ZA Langwies  
33, rue Hiehl  
L - 6131 Junglinster  
Tel: 267834  
Fax: 267834-44  
[www.lee.lu](http://www.lee.lu)

## Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis .....	III
Tabellenverzeichnis.....	V
1 Einleitung.....	8
2 Analyse der Ausgangssituation .....	9
2.1 Beschreibung des Untersuchungsgebietes .....	9
2.2 Analyse der Ausgangssituation.....	10
2.2.1 Stromversorgung.....	10
2.2.2 Wärmeversorgung .....	14
2.2.3 CO <sub>2</sub> Bilanz .....	17
3 Potential aus erneuerbaren Energien .....	18
3.1 Biomasse .....	18
3.1.1 Forstwirtschaftliche Biomassen .....	18
3.1.2 Energiepotential biogener Reststoffe .....	22
3.1.3 Landschaftspflegematerial.....	22
3.1.4 Energiepotential landwirtschaftlicher Biomassen .....	30
3.1.5 Zusammenfassung: Energiepotential aus Biomasse in der Gemeinde.....	37
3.1.6 Realisierbare Wärme- und Stromproduktion in der Gemeinde Betzdorf.....	39
3.1.7 Rechtliche Aspekte der Biomassenutzung.....	42
3.2 Wasserkraft.....	45
3.3 Windkraft .....	47
3.3.1 Windverhältnisse in der Gemeinde .....	47
3.3.2 Impakt auf die Umwelt .....	48
3.3.3 Schallemissionen und Schattenwurf.....	50
3.3.4 Flugverkehr und Radar .....	51
3.3.5 Standorte für die Nutzung von Windenergie.....	52
3.3.6 Schlussfolgerung Windenergie .....	55
3.4 Oberflächennahe Erdwärme.....	56
3.5 Sonnenenergie .....	57
3.5.1 Vorgehensweise.....	57
3.5.2 Anlagenbestand .....	58
3.5.3 Fazit realisierbares Solarpotential .....	65
4 Wärmeeinsparpotential .....	66
4.1 Energiekataster .....	66

4.1.1	Vorgehensweise.....	66
4.1.2	Resultate .....	67
4.1.3	Fazit Wärmeeinsparungen in den Privathaushalten.....	71
4.2	Industrie und Gewerbe .....	72
4.3	Gemeindegebäude.....	72
4.4	Gesamt .....	72
5	Stromeinsparungen.....	73
5.1	Privathaushalte .....	73
5.2	Industrie und Gewerbe .....	73
5.3	Gemeindegebäude und -einrichtungen.....	73
5.4	Öffentliche Beleuchtung .....	74
5.5	Gesamt .....	75
6	Visualisierung der Potentiale .....	76
7	Projektskizze.....	77
7.1	Erweiterung Biogasanlage in Betzdorf mit Wärmenutzung .....	77
7.2	Projektskizze: Biogasanlage Berg.....	78
7.3	Projektskizze: Energiezentrale mit Wärmenetz in Olingen.....	79
7.4	Projektskizze: Energiezentrale Parc d'activité Syrdall.....	80
7.5	Strategie für Neubaugebiete .....	81
7.6	Strategie für die Nutzung von Sonnenenergie in der Gemeinde Betzdorf .....	81
7.7	Sanierungsplan für die Gemeindegebäude.....	81
8	Energieversorgung nach der Aktivierung der realisierbaren Potentiale.....	82
8.1	Stromversorgung .....	82
8.2	Wärmeversorgung .....	83
8.3	CO <sub>2</sub> -Emissionen.....	84
9	Schlussfolgerung .....	86
9.1	Empfehlungen für die Energieproduktion auf Basis erneuerbarer Energien .....	87
9.1.1	Stromproduktion.....	87
9.1.2	Biomasse .....	87
9.1.3	Sonnenenergie .....	88
9.2	Empfehlungen für das Erschließen der Einsparpotentiale .....	88
9.2.1	Strombereich.....	88
9.2.2	Wärmebereich .....	88
9.3	Zusammenfassung .....	90
	Literaturverzeichnis .....	91

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Luftbild des Gemeindeterritoriums der Gemeinde Betzdorf (Administration du Cadastre et de la Topographie, 2013).....	9
Abbildung 2: Biogasanlage in Berg.....	10
Abbildung 3: Biogasanlage in Betzdorf .....	10
Abbildung 4: ERBC Datacenter (links im Bild) und SES Satellitenbetreiber (rechts im Bild) in Betzdorf .....	11
Abbildung 5: Aufteilung des Stromverbrauchs nach Verbrauchergruppe für 2012 .....	12
Abbildung 6: Holzhackschnitzelkessel in Roodt-sur Syre.....	14
Abbildung 7: Aufteilung des Energieverbrauchs für die Wärmebereitstellung in der Gemeinde Betzdorf für 2012 .....	16
Abbildung 8: Besitzverhältnisse der Waldflächen .....	18
Abbildung 9: Herleitung des Energieholzpotentials aus dem Wald .....	20
Abbildung 10: Sammelstelle Landschaftspflegematerial Gemeinde Betzdorf .....	23
Abbildung 11: Herkunft Landschaftspflegematerial entlang der N1 in der Gemeinde Betzdorf .....	23
Abbildung 12: Kläranlage SIDEEST in der Gemeinde Betzdorf.....	28
Abbildung 13: Vorgehensweise zur Ermittlung des Biomassepotentials von den landwirtschaftlichen Flächen.....	33
Abbildung 14: Mühle in Betzdorf.....	45
Abbildung 15: Karte der mittleren Jahresgeschwindigkeiten des Windes in 30m Höhe für das Gemeindegebiet (Agence de l'énergie, o.J.) .....	47
Abbildung 16: Abstandsempfehlungen betreffend den Vogelschutz für Windkraftanlagenstandorte in dem Gemeindegebiet (Lëtzebuerger Natur- an Vulleschutzliga, o.J. b, überarbeitet).....	49
Abbildung 17: Abstandsempfehlungen betreffend den Fledermausschutz für Windkraftanlagenstandorte für das Gemeindegebiet (Lëtzebuerger Natur- an Vulleschutzliga, o.J. a, überarbeitet).....	49
Abbildung 18: Natura 2000- und andere Schutzgebiete in der Gemeinde und Umgegend (Administration du Cadastre et de la Topographie, 2013) .....	50
Abbildung 19: Schattenwurf einer Windkraftanlage .....	51
Abbildung 20: Potentielle Standorte für die Nutzung von Windenergie aus der Studie von 2002 (Administration du Cadastre et de la Topographie, 2013, verändert) .....	52

Abbildung 21: Potentielle Standorte für die Nutzung von Windenergie <i>Hollescht</i> und <i>Därchen</i> (Administration du Cadastre et de la Topographie, 2013, verändert) .....	53
Abbildung 22: Distanz zu Gebäuden Standort <i>Hollescht</i> (Administration du Cadastre et de la Topographie, 2013, verändert) .....	54
Abbildung 23: Distanz zu Gebäuden Standort <i>Därchen</i> (Administration du Cadastre et de la Topographie, 2013, verändert) .....	54
Abbildung 24: Die potentiellen Standorte für die Nutzung von Windenergie <i>Hollescht</i> und <i>Därchen</i> in Bezug auf den Vogelschutz (Lëtzebuerger Natur- an Vulleschützliga, o.J. a, überarbeitet) .....	55
Abbildung 25: Solarkataster für die Gemeinde Betzdorf .....	58
Abbildung 26: Genutzte und verfügbare Fläche für die Nutzung von Sonnenenergie in der Gemeinde Betzdorf für 2012 .....	59
Abbildung 27: Vergleich der installierten elektrischen Leistung der Photovoltaikanlagen vor und nach Aktivierung des Potentials laut Szenario 1 nach Ortschaften .....	60
Abbildung 28: Vergleich der installierten elektrischen Leistung der Photovoltaikanlagen vor und nach Aktivierung des Potentials laut Szenario 2 nach Ortschaften .....	62
Abbildung 29: Vergleich der produzierten Wärme der Solarkollektoren für die Warmwasserbereitung vor und nach Aktivierung des Potentials laut Szenario 2 nach Ortschaften .....	62
Abbildung 30: Vergleich der installierten elektrischen Leistung der Photovoltaikanlagen vor und nach Aktivierung des Potentials laut Szenario 3 nach Ortschaften .....	64
Abbildung 31: Vergleich der produzierten Wärme der Solarkollektoren für die Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung vor und nach Aktivierung des Potentials laut Szenario 3 nach Ortschaften .....	64
Abbildung 32: Auszug aus dem Energiekataster der Gemeinde Betzdorf .....	66
Abbildung 33: Aufteilung des Wärmeverbrauchs in den Privathaushalten nach Ortschaft .....	67
Abbildung 34: Warmwasserrohre im Heizungsraum im ungedämmten und gedämmten Zustand ....	70
Abbildung 35: Visualisierung der Potentiale in der Gemeinde Betzdorf .....	76
Abbildung 36: Treibhausgaseinsparungen durch die Aktivierung der realisierbaren erneuerbaren Energie- und Einsparpotentiale .....	85

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Stromverbrauch in der Gemeinde Betzdorf in 2012 (Creos, 2013) .....	11
Tabelle 2: Bilanz der Stromversorgung in der Gemeinde Betzdorf für 2012.....	13
Tabelle 3: Wärmeproduktion aus erneuerbaren Energiequellen für 2012 .....	15
Tabelle 4: Wärmeverbrauch nach Verbrauchergruppe in der Gemeinde Betzdorf für 2012.....	15
Tabelle 5: Bilanz der Wärmeversorgung in der Gemeinde Betzdorf für 2012 .....	16
Tabelle 6: CO <sub>2</sub> -Bilanz für die Energieversorgung in der Gemeinde Betzdorf für 2012 .....	17
Tabelle 7: Energiepotential des Schlagabraums .....	21
Tabelle 8: Realisierbares Alt- und Restholzpotential .....	22
Tabelle 9: Jährliches holzartiges Straßenbegleitgrün aufkommen.....	23
Tabelle 10: Jährliches halmgutartiges Straßenbegleitgrün aufkomme .....	24
Tabelle 11: Jährliches Schienenbegleitgrün aufkommen .....	24
Tabelle 12: Energiepotential aus halmgutartigem Landschaftspflegematerial .....	24
Tabelle 13: Realisierbares Energiepotential aus holzartigem Landschaftspflegematerial .....	25
Tabelle 14: Energiepotential aus Biomüll und Speiseresten .....	26
Tabelle 15: Energiepotential aus Speiseresten .....	27
Tabelle 16: Realisierbares Energiepotential aus industriellen und gewerblichen Reststoffen .....	27
Tabelle 17: Energiepotential aus anfallenden Speiseöle und -fette .....	27
Tabelle 18: Realisierbares Energiepotential im Bereich Klärschlamm .....	29
Tabelle 19: Energiepotential im Bereich Wirtschaftsdünger .....	30
Tabelle 20: Angenommenen Erträge, Trockensubstanzgehalte, spezifischen Biogaserträge und Methangehalte der Nawaro.....	33
Tabelle 21: Flächenbedarf der bestehenden Biogasanlagen zur Bereitstellung der Substrate .....	34
Tabelle 22: Verfügbare landwirtschaftliche Nutzfläche zur Biogasproduktion laut Szenario 1 .....	34
Tabelle 23: Realisierbares Energiepotential im Bereich der landwirtschaftlichen Nutzflächen laut dem Szenario 1.....	34
Tabelle 24: Verfügbare landwirtschaftliche Nutzfläche zur Biogasproduktion laut Szenario 2 .....	35
Tabelle 25: Realisierbares Energiepotential im Bereich der landwirtschaftlichen Nutzflächen laut dem Szenario 2.....	35
Tabelle 26: Verfügbare landwirtschaftliche Nutzfläche zur Biogasproduktion laut Szenario 3 .....	35

Tabelle 27: Realisierbares Energiepotential im Bereich der landwirtschaftlichen Nutzflächen laut dem Szenario 3.....	36
Tabelle 28: Berechnung des Strohbedarfs für die Tierhaltung.....	37
Tabelle 29: Theoretisches Energiepotential in der Gemeinde Betzdorf.....	38
Tabelle 30: Realisierbares Energiepotential in der Gemeinde Betzdorf.....	39
Tabelle 31: Realisierbare Wärmeproduktion durch die thermische Verwertung der holartigen Biomasse in einem Holzhackschnitzelkessel.....	40
Tabelle 32: Realisierbare Strom- und Wärmeproduktion durch die energetische Verwertung des Biogases in einem Blockheizkraftwerk.....	41
Tabelle 33: Gesamte realisierbare Wärme- und Stromproduktion durch die Aktivierung des Biomassepotentials.....	41
Tabelle 34: Photovoltaikanlagenbestand für die Gemeinde Betzdorf in 2012.....	58
Tabelle 35: Bestand an solarthermischen Anlagen in der Gemeinde Betzdorf in 2012 .....	59
Tabelle 36: Szenario 100% Photovoltaik in der Gemeinde Betzdorf.....	60
Tabelle 37: Szenario: Warmwasserbereitung und Photovoltaik in der Gemeinde Betzdorf.....	61
Tabelle 38: Szenario Warmwasserbereitstellung, Heizungsunterstützung und Photovoltaik .....	63
Tabelle 39: Realisierbares Potential Sonnenenergie .....	65
Tabelle 40: Aufteilung des Wärmeverbrauchs der Privathaushalte nach Baujahr der Gebäude und nach Ortschaft.....	67
Tabelle 41: Spezifischer Wärmeverbrauch der Privathaushalte nach Ortschaft und Baujahr .....	68
Tabelle 42: Relative Einsparpotentiale in den privaten Haushalten nach Sanierungsmaßnahme .....	68
Tabelle 43: Einsparpotentiale in den Privathaushalten nach Ortschaft und nach Sanierungsmaßnahme .....	70
Tabelle 44: Wärmeeinsparungen in den Privathaushalten nach Ortschaft und Baujahr .....	70
Tabelle 45: Spezifischer Wärmeverbrauch der Privathaushalte nach Ortschaft und Baujahr bei 100% Aktivierung der Einsparpotentiale .....	71
Tabelle 46: Wärmeeinsparpotentiale in den Privathaushalten bei 70% Mobilisierung .....	71
Tabelle 47: Spezifischer Wärmeverbrauch der Privathaushalte nach Ortschaft und Baujahr nach 70% Aktivierung der Einsparpotentiale .....	72
Tabelle 48: Realisierbare Wärmeeinsparungen in der Gemeinde Betzdorf.....	72
Tabelle 49: Stromeinsparmaßnahmen und Stromeinsparungen in den Privathaushalten .....	73



---

Tabelle 50: Realisierbare Stromeinsparungen in der Gemeinde Betzdorf .....	75
Tabelle 51: Bilanz der Stromversorgung nach der Aktivierung der realisierbaren Potentiale .....	82
Tabelle 52: Bilanz der Wärmeversorgung nach der Aktivierung der der Potentiale .....	83
Tabelle 53: CO <sub>2</sub> -Einsparungen und Emissionen nach der Aktivierung der realisierbaren Potentiale ..	84

## 1 Einleitung

Im Rahmen der gemeinsamen Europäischen Energiepolitik hat sich Luxemburg als Zielwert bis 2020 eine Steigerung des Anteils an erneuerbaren Energiequellen auf 11% des Bruttoenergieverbrauchs aus dem Jahr 2005 festgelegt. Die Treibhausgasemissionen sollen bis 2020 um 20% reduziert und die Energieeffizienz um 20% gesteigert werden. Die Strategie für die Förderung der erneuerbaren Energien ist im Luxemburger Aktionsplan für erneuerbare Energien festgehalten.

Die Kommunen spielen eine wichtige Rolle bei der Umsetzung der nationalen klima- und energiepolitischen Ziele. Die Gemeinde Betzdorf setzt sich bereits aktiv für den Schutz des Klimas ein. Seit Herbst 2000 ist die Gemeinde Mitglied des *Klimabündnisses Luxemburg*, einem Netzwerk zum Schutze des Klimas. Im Juni 2013 hat die Gemeinde den *Klimapakt*, ein Abkommen zwischen dem Staat und den Gemeinden mit der Zielsetzung die Treibhausgasemissionen um 20% bis 2020 gegenüber von 2005 sowie den Energieverbrauch und der damit verbundenen Kosten auf kommunaler Ebene zu senken, abgeschlossen. In den letzten Jahren wurden bereits in der Gemeinde verschiedene Maßnahmen realisiert unter anderem im Bereich der Energieeffizienz und der Nutzung von erneuerbaren Energien.

Die zweite Etappe schließt an die erste Etappe des *Plan stratégique de développement des énergies renouvelables* an, in der Pisten und Zielsetzungen für die Energiestrategie festgelegt wurden. Die zweite Etappe des *Plan stratégique* baut auf die energie- und klimapolitischen Zielsetzungen der Gemeinde auf. Sie enthält Strategien zum Energiesparen, zur Aktivierung der Potentiale der lokalen Energieproduktion aus erneuerbaren Quellen, zur Effizienzerhöhung und Emissionsverminderung.

## 2 Analyse der Ausgangssituation

### 2.1 Beschreibung des Untersuchungsgebietes

Die Gemeinde Betzdorf liegt im Osten des Großherzogtums Luxemburg im Kanton Grevenmacher. Sie umfasst die Ortschaften Berg, Betzdorf, Mensdorf, Olingen und Roodt-sur-Syre (Abbildung 1). Das Gemeindegebiet erstreckt sich auf einer Fläche von 26,1 km<sup>2</sup>. Die Bevölkerung liegt laut den Angaben der Gemeindeverwaltung bei 3.623 Einwohnern, was einer Einwohnerdichte von 138,8 Einwohner/km<sup>2</sup> entspricht. Die Einwohner verteilen sich auf 1.250 Haushalte.

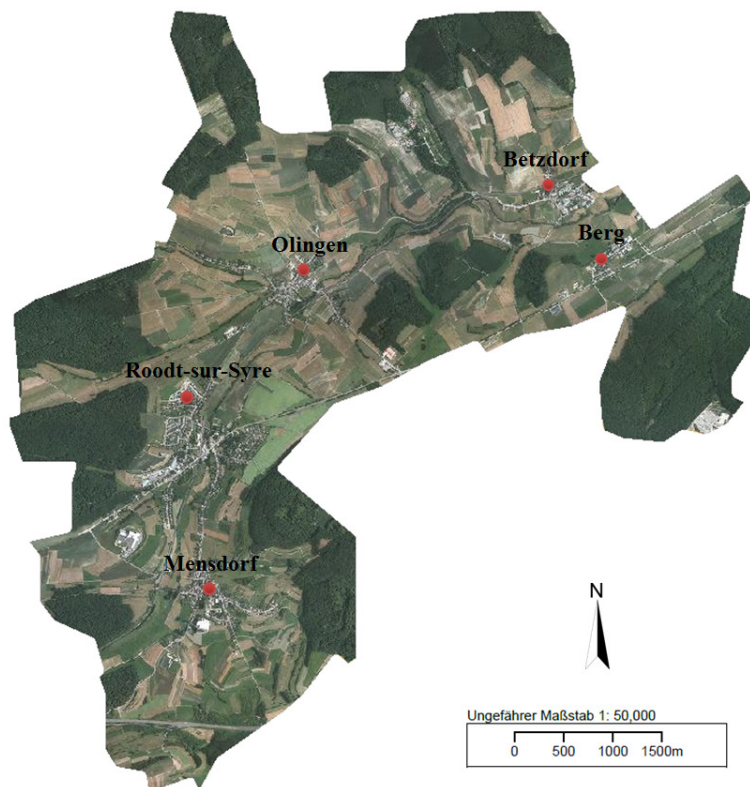


Abbildung 1: Luftbild des Gemeindeterritoriums der Gemeinde Betzdorf (Administration du Cadastre et de la Topographie, 2013)

Das Landschaftsbild in der Gemeinde Betzdorf ist stark geprägt durch die Landwirtschaft. Im Jahr 2008 lag die gesamte landwirtschaftliche Nutzfläche bei 1794 ha, aufgeteilt in 913 ha Ackerland und 881 ha Grünland (Statec, 2012a). Die landwirtschaftlichen Flächen sind umgeben von Waldgebieten. Die gesamte Waldfläche liegt bei 885,9 ha (Statec, 1995).

Neben dem ländlichen Charakter ist die Gemeinde Betzdorf auch durch kleinere und größere Gewerbe- und Industriebetriebe geprägt. Zu den großen Unternehmen zählen ein Satellitenbetreiber, eine Großbäckerei sowie ein Datenzentrum. Im Jahr 2012 lag die Anzahl der

Unternehmen bei 97. In Betzdorf gibt es zusätzlich eine soziale Einrichtung für die Betreuung von behinderten Kindern, Jugendlichen und Erwachsenen.

## 2.2 Analyse der Ausgangssituation

### 2.2.1 Stromversorgung

#### 2.2.1.1 Stromproduktion

Auf dem Gemeindegebiet wird regenerativer Strom durch Photovoltaikanlagen und zwei landwirtschaftliche Biogasanlagen produziert. Neben den erneuerbaren Anlagen wird noch Strom durch Blockheizkraftwerke aus fossilen Energieträgern produziert.

Die installierten Photovoltaikanlagen wurden über eine Begehung der Ortschaften im Rahmen der Erstellung eines Solarkatasters erfasst. Die Auswertung des Solarkatasters ergab eine gesamte installierte elektrische Leistung der Photovoltaikanlagen von 1.866 kWp. Die installierten Anlagen produzierten 1.538.391 kWh/a in 2012.



Abbildung 2: Biogasanlage in Berg



Abbildung 3: Biogasanlage in Betzdorf

In der Gemeinde befinden sich zwei landwirtschaftlichen Biogasanlagen. Die Biogasanlage in Berg hat eine elektrische Leistung von 170 kW. Die Jahresproduktion lag im Jahr 2012 bei 1.434.869 kWh (Abbildung 2). Die zweite Biogasanlage, mit einer elektrischen Leistung von 160 kW<sub>el</sub>, liegt außerhalb von Betzdorf und produzierte 1.223.267 kWh Strom in 2012 (Abbildung 3). Insgesamt wurden in der Gemeinde 2.658.136 kWh/a Strom aus Biogas produziert. Detaillierte Informationen über die Anlagen befinden sich in Anhang 1 und 2.

Neben den erneuerbaren Energieanlagen wurde Strom durch fossile Blockheizkraftwerke erzeugt. Die Blockheizkraftwerke (BHKW) werden mit Erdgas und Heizöl betrieben. Es befindet sich ein BHKW im Institut St. Joseph in Betzdorf sowie mehrere Anlagen auf dem Gelände von der Société

Européenne des Satellites S.A. (SES). Sie betreibt mehrer BHKW und Notstromaggregate auf dem Standort von Schloss Betzdorf. Die Produktionsdaten sind jedoch vertraulich und können nicht publiziert werden. Die BHKWs produzierten schätzungsweise 11.002.576 kWh Strom in 2012.

### 2.2.1.2 Stromverbrauch

Für die Ermittlung des Stromverbrauchs wurden Daten bei dem zuständigen Stromnetzbetreiber beantragt und ausgewertet. Diese Daten wurden zusätzlich durch Verbrauchsdaten von den kommunalen Gebäuden ergänzt. Die Verbrauchswerte der kommunalen Gebäude waren unvollständig für 2012, da erst Mitte dieses Jahres mit dem Verbrauchsmonitoring angefangen wurde. Es wurden daher Verbräuche von 2013 in der Bilanzierung berücksichtigt. Es ist anzumerken, dass der Stromverbrauch von Wärmepumpen und Direktheizungen vom Stromverbrauch abgezogen und bei dem Wärmeverbrauch berücksichtigt wurde. In der Gemeinde Betzdorf lag der Stromverbrauch im Jahr 2012 bei 56,2 GWh.

Tabelle 1: Stromverbrauch in der Gemeinde Betzdorf in 2012 (Creos, 2013)

	kWh/a
Privathaushalte	5 989 853
Industrie und Gewerbe	49 269 297
öffentliche Beleuchtung	226 239
Gemeindegebäude	675 352
<b>Gesamt</b>	<b>56 160 741</b>

In 2012 trugen die Industrie- und Gewerbebetriebe in der Gemeinde mit 87,7 % zum Großteil des Stromverbrauchs bei. Dies ist auf den hohen Stromverbrauch der großen Betriebe zurückzuführen (Abbildung 4). Im *European Business Reliance Centre (EBRC) Data Center* werden große Mengen an elektrischer Energie zur Kühlung der Rechner benötigt. Es ist anzumerken, dass der Betrieb des Datumzentrums in Betzdorf im Jahr 2012 noch nicht vollständig angelaufen war und ein Anstieg des Stromverbrauchs zu erwarten ist. Ein weiterer großer Stromverbraucher ist die *Société Européenne des Satellites S.A. (SES)*. Die Verbrauchsdaten sind jedoch vertraulich und können nicht publiziert werden.



Abbildung 4: ERBC Datacenter (links im Bild) und SES Satellitenbetreiber (rechts im Bild) in Betzdorf

Die Privathaushalte konsumierten 10,7 % des Stroms auf dem Gemeindegebiet. Der Stromverbrauch in den kommunalen Liegenschaften und für die öffentliche Beleuchtung machten nur einen geringen Teil des gesamten Stromverbrauchs aus (Abbildung 5).

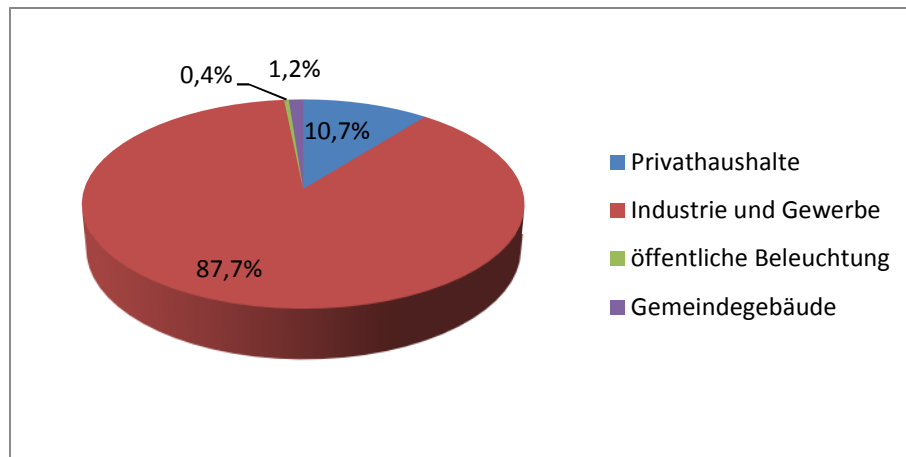


Abbildung 5: Aufteilung des Stromverbrauchs nach Verbrauchergruppe für 2012

Im Bereich der Stromversorgung wurde angenommen, dass die Niederspannungsanschlüsse mit grünem Strom und die Mittel- und Hochspannungsanschlüsse mit dem nationalen Strommix beliefert wurden. Die kommunalen Liegenschaften wurden mit grünem Strom versorgt. In der Gemeinde Betzdorf wurden schätzungsweise 8.715 MWh/a grüner Strom und 47.446 MWh/a konventioneller Strom verbraucht.

### 2.2.1.3 Bilanz

In 2012 wurden in der Gemeinde Betzdorf wurden 27,1 % des gesamten Stromverbrauchs durch lokal erzeugte Energien gedeckt. Dieser hohe Deckungsgrad ist auf die mit fossilen Brennstoffen betriebenen Blockheizkraftwerke zurückzuführen. Der Deckungsgrad mit erneuerbaren Energien lag bei 7,5% (Tabelle 2).

Tabelle 2: Bilanz der Stromversorgung in der Gemeinde Betzdorf für 2012

		Erneuerbar		Erneuerbar +KWK	
		kWh/a	Anteil	kWh/a	Anteil
<b>Stromproduktion</b>	Photovoltaik	1 538 391	36,7%	1 538 391	10,1%
	Biogas	2 658 136	63,3%	2 658 136	17,5%
	KWK mit fossilem Brennstoff	-	0,0%	11 002 576	72,4%
	<b>Gesamt</b>	<b>4 196 527</b>	<b>100,0%</b>	<b>15 199 103</b>	<b>100,0%</b>
<b>Stromverbrauch</b>	Privathaushalte	5 989 853	10,7%	5 989 853	10,7%
	Industrie und Gewerbe	49 269 297	87,7%	49 269 297	87,7%
	öffentliche Beleuchtung	226 239	0,4%	226 239	0,4%
	Gemeindegebäude	675 352	1,2%	675 352	1,2%
	<b>Gesamt</b>	<b>56 160 741</b>	<b>100,0%</b>	<b>56 160 741</b>	<b>100,0%</b>
<b>Bilanz</b>		<b>51 964 214</b>		<b>40 961 638</b>	
<b>Deckungsgrad durch lokal erzeugten Strom</b>		<b>7,5%</b>		<b>27,1%</b>	

## 2.2.2 Wärmeversorgung

### 2.2.2.1 Wärmeproduktion aus erneuerbaren Energien

In der Gemeinde Betzdorf wurden in 2012 laut den Angaben des Revierförsters 1.100 Srm/a Holzhackschnitzel für das kommunale Holzhackschnitzelwerk in Roodt-sur-Syre und 500 Rm Brennholz aus dem öffentlichen Wald energetisch verwertet. Die Hackschnitzel wurden in der Energiezentrale des Schulcampus in Roodt-sur-Syre genutzt. Der Holzhackschnitzelkessel hat eine Leistung 400 kW. Zusätzlich kommt ein mit Erdgas betriebener Spitzenkessel zum Einsatz.



Abbildung 6: Holzhackschnitzelkessel in Roodt-sur Syre

Laut dem *Ministère du Développement durable et des Infrastructures* gab es in der Gemeinde zahlreiche Biomassekleinanlagen die mit Scheitholz und Holzpellets befeuert wurden. Die Wärmeproduktion wurde auf Basis von durchschnittlichen Jahresvollbenutzungsstunden über die Kesselleistung abgeschätzt.

In der Biogasanlage in Berg wird ein Teil der Abwärme des Blockheizkraftwerkes in einem Nahwärmenetz verwertet. In 2012 wurden jährlich rund 625 MWh/a Wärme an die Wärmeabnehmer geliefert.

Neben der Nutzung von Biomasse wurden noch thermische Solarkollektoren und Erd- und Luftwärmepumpen genutzt. Die bestehenden solarthermischen Anlagen wurden während einer Begehung der Ortschaften bei der Erstellung des Solarkataster aufgenommen und die daraus resultierenden Einsparungen ermittelt. Laut den Ergebnissen des Solarkatasters wurden durch die solarthermischen Anlagen rund 454.536 kWh/a fossile Energieträger eingespart.

In der Gemeinde Betzdorf wurden in 2012 insgesamt 9 Erdwärme- und 2 Luftwärmepumpen betrieben. Die Wärmeproduktion der Anlagen wurde über die Jahresarbeitszahl berechnet.



Die gesamte Wärmeproduktion aus erneuerbaren Energiequellen in der Gemeinde belief sich in 2012 auf schätzungsweise 3.406 MWh. Die Nutzung von Holzhackschnitzel (Hackschnitzel und Nahwärme aus erneuerbarem Brennstoff) nahm den größten Stellenwert bei der Wärmeerzeugung aus regenerativen Quellen ein.

Tabelle 3: Wärmeproduktion aus erneuerbaren Energiequellen für 2012

	kWh/a	%
Hackschnitzel	292 052	8,6%
Pellets	433 840	12,7%
Erdwärme	180 000	5,3%
Umweltwärme	42 857	1,3%
Nahwärme mit erneuerbarem Brennstoff	684 748	20,1%
Nahwärme der Biogasanlage	625 000	18,4%
Brennholz	692 640	20,3%
Solarthermie	454 536	13,3%
<b>Gesamt</b>	<b>3 405 673</b>	<b>100,0%</b>

Neben der Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien, fiel noch Abwärme der mit fossilen Brennstoffen betriebenen Blockheizkraftwerke an. Bei der SES wird die Abwärme über Absorptionsanlagen in Kälte umgewandelt. Da keine detaillierten Informationen über die Abwärmenutzung der Blockheizkraftwerke des Satellitenbetreibers vorlagen, wurden sie geschätzt. Es wurden schätzungsweise 13.076 MWh/a Abwärme verwertet.

#### 2.2.2.2 Wärmeverbrauch

Der Wärmeverbrauch der Privathaushalte in der Gemeinde wurde über den Energiekataster ermittelt. Die Verbrauchsdaten für die kommunalen Gebäude wurden von den Verantwortlichen der Gemeindeverwaltung übermittelt. Der Wärmeverbrauch der Betriebe wurde über den Erdgasverbrauch, der bei dem Erdgasnetzbetreiber für das Jahr 2012 angefragt wurde, ermittelt. Es wurde davon ausgegangen, dass der Großteil der Betriebe mit Erdgas beliefert wurde. Die Verbrauchsdaten für die Großbackerei in Roodt-sur-Syre wurden angefragt. Es wurden insgesamt 74,2 GWh/a verbraucht.

Tabelle 4: Wärmeverbrauch nach Verbrauchergruppe in der Gemeinde Betzdorf für 2012

	Gesamt kWh/a
Privathaushalte	45 937 638
Industrie und Gewerbe	25 891 822
Gemeindegebäude	2 320 633
<b>Gesamt</b>	<b>74 150 093</b>

Der Großteil der Wärme wurde in den Privathaushalten verbraucht. Der Wärmeverbrauch der kommunalen Liegenschaften machte nur 3,1% des gesamten Wärmeverbrauchs in der Gemeinde aus.

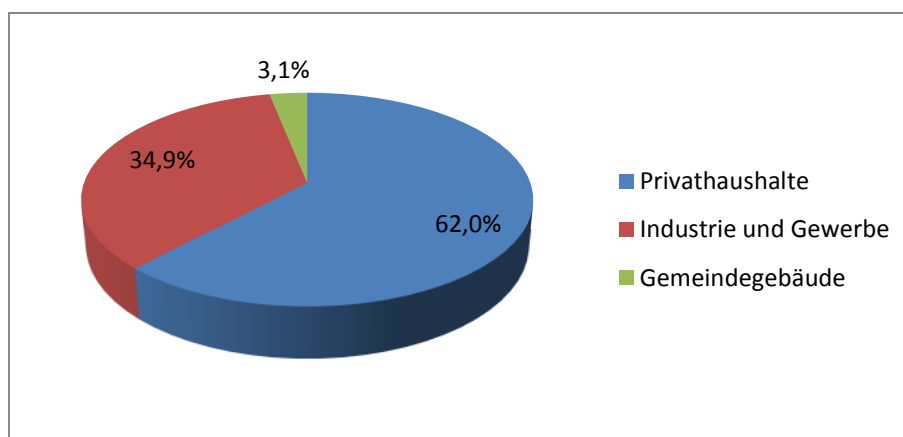


Abbildung 7: Aufteilung des Energieverbrauchs für die Wärmebereitstellung in der Gemeinde Betzdorf für 2012

### 2.2.2.3 Bilanz

Es wurden in 2012 in der Gemeinde rund 4,8% des Wärmeverbrauchs durch lokal erneuerbare Energien gedeckt. Berücksichtigt man die Abwärme, der mit fossilen Brennstoffen betriebenen Blockheizkraftwerke, lag der Deckungsgrad bei 22,2%.

Tabelle 5: Bilanz der Wärmeversorgung in der Gemeinde Betzdorf für 2012

		Erneuerbar		Erneuerbar + KWK	
		kWh/a	Anteil	kWh/a	Anteil
<b>Wärmeproduktion</b>	Hackschnitzel	292 052	8,6%	292 052	1,8%
	Pellets	433 840	12,7%	433 840	2,6%
	Erdwärme	180 000	5,3%	180 000	1,1%
	Umweltwärme	42 857	1,3%	42 857	0,3%
	Nahwärme mit erneuerbarem Brennstoff	684 748	20,1%	684 748	4,2%
	Nahwärme der Biogasanlage	625 000	18,4%	625 000	3,8%
	Brennholz	692 640	20,3%	692 640	4,2%
	Solarthermie	454 536	13,3%	454 536	2,8%
	Nahwärme KWK mit fossilem Brennstoff		0,0%	13 076 378	79,3%
	<b>Gesamt</b>	<b>3 405 673</b>	<b>100,0%</b>	<b>16 482 052</b>	<b>100,0%</b>
<b>Wärmeverbrauch</b>	Privathaushalte	45 937 638	62,0%	45 937 638	62,0%
	Industrie und Gewerbe	25 891 822	34,9%	25 891 822	34,9%
	Gemeindegebäude	2 320 633	3,1%	2 320 633	3,1%
	<b>Gesamt</b>	<b>74 150 093</b>	<b>100,0%</b>	<b>74 150 093</b>	<b>100,0%</b>
<b>Bilanz</b>		<b>70 744 420</b>		<b>57 668 041</b>	
<b>Deckungsgrad durch lokal erzeugte Wärme</b>		<b>4,8%</b>		<b>22,2%</b>	

### 2.2.3 CO<sub>2</sub> Bilanz

Die Treibhausgasemissionen auf dem Gemeindegebiet wurden auf Basis der Daten für die Energieversorgung ermittelt. Für die Berechnung der Emissionen wurde für die Strom- und Wärmeversorgung ein lokaler Emissionsfaktor ermittelt. Diese lokalen Emissionsfaktoren für Strom und Wärme berücksichtigen die lokale Energieproduktion aus erneuerbaren Energien.

Die Emissionsfaktoren für die Berechnung der Treibhausgasemissionen beziehen sich auf Angaben des *Institut Luxembourgeois de Régulation* und auf das *Règlement grand-ducal du 31 août 2010 concernant la performance énergétique des bâtiments fonctionnels*.

In der Gemeinde wurden im Strombereich rund 10.275 t CO<sub>2</sub> Äq./a und im Wärmebereich 17.133 t CO<sub>2</sub> Äq./a emittiert (Tabelle 6). Insgesamt beliefen sich die Emissionen auf 27.408 t CO<sub>2</sub> Äq./a. Der lokale Emissionsfaktor für Strom lag bei 0,183 kg CO<sub>2</sub> Äq./kWh. Für die Bereitstellung einer Kilowattstunde Wärme wurden 0,231 kg CO<sub>2</sub> Äq./kWh emittiert.

Tabelle 6: CO<sub>2</sub>-Bilanz für die Energieversorgung in der Gemeinde Betzdorf für 2012

		Endenergie kWh/a	Emissionsfaktor kg CO <sub>2</sub> Äq./kWh	Emissionen t CO <sub>2</sub> Äq./a
<b>Stromversorgung</b>	Grüner Strom	8 714 830	-	-
	Strommix	47 445 911	0,231	10 973,8
	Photovoltaik	1 538 391	- 0,231	- 355,8
	Biogas	2 658 136	- 0,231	- 614,8
	KWK mit fossilem Brennstoff	11 002 576	0,025	271,9
	<b>Gesamt</b>	<b>56 160 741</b>	<b>0,183</b>	<b>10 275,0</b>
<b>Wärmeversorgung</b>	Heizöl	42 712 309	0,300	12 813,7
	Erdgas	14 557 801	0,246	3 581,2
	Strom	87 043	-	-
	Nahwärme mit fossilem Brennstoff	310 888	0,326	101,3
	Nahwärme KWK mit fossilem Brennstoff	13 076 378	0,043	562,3
	Hackschnitzel	292 052	0,035	10,2
	Pellets	433 840	0,021	9,1
	Erdwärme	180 000	-	-
	Umweltwärme	42 857	-	-
	Nahwärme mit erneuerbarem Brennstoff	684 748	0,066	45,2
	Nahwärme der Biogasanlage	625 000	-	-
	Brennholz	692 640	0,014	9,7
	Solarthermie	454 536	-	-
	<b>Gesamt</b>	<b>74 150 093</b>	<b>0,231</b>	<b>17 132,8</b>
<b>Gesamt</b>		<b>130 310 834</b>		<b>27 407,8</b>

### 3 Potential aus erneuerbaren Energien

#### 3.1 Biomasse

An dieser Stelle wurde das erneuerbare Energiepotential bestimmt. Bei der Berechnung des Energiepotentials der verschiedenen Biomassen handelt es sich immer um Brutto-Energie. Erst bei der Bestimmung des realisierbaren Wärme- und Strompotentials wurde die Brutto-Energie aus der Biomasse mittels bewährten Konversionstechniken in Endenergie umgewandelt.

##### 3.1.1 Forstwirtschaftliche Biomassen

###### 3.1.1.1 Waldholz

Für die Abschätzung des Energieholzpotentials wurde die gesamte Waldfläche in der Gemeinde Betzdorf, unabhängig von den Besitzverhältnissen, berücksichtigt. Die gesamte forstwirtschaftliche Fläche beträgt 885,9 ha (Statec, 1995). Laut den Angaben des Revierförsters beträgt die Fläche des Gemeinde- und Staatswaldes 743,04 ha. Die Besitzverhältnisse der Waldfläche in der Gemeinde Betzdorf sind in der Abbildung 9 graphisch dargestellt.

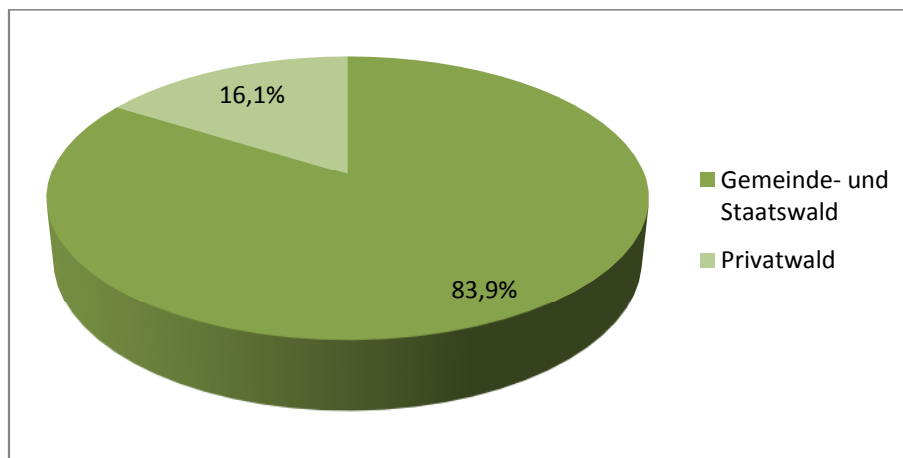


Abbildung 8: Besitzverhältnisse der Waldflächen

Es wurde davon ausgegangen, dass die bestehenden forstwirtschaftlichen Flächen in ihrer Verteilung, Größe und Zusammensetzung erhalten bleiben. Es sind keine Naturschutzflächen ausgewiesen und die Hangneigung ist gering (Administration du Cadastre et de Topographie, 2013).

Der Wald wurde nach seiner Artenzusammensetzung in verschiedene Waldgruppen unterteilt. Aufgrund der fehlenden Datengrundlage für den Privatwald wurde davon ausgegangen, dass die Waldzusammensetzung im Privatwald mit der im öffentlichen Wald vergleichbar ist.

Um eine nachhaltige Bewirtschaftung des Waldes zu gewährleisten wurde in dieser Studie der bestehende Holzbestand nicht zum Potential gezählt, sondern nur der Hiebsatz in der Berechnung berücksichtigt. Für jede der Waldgruppen wurde ein spezifischer Hiebsatz hergeleitet. Es wurde davon ausgegangen, dass der Hiebsatz<sup>1</sup> 70% des jährlichen Zuwachses beträgt. Die Daten über die jährlichen Zuwachsraten stammten aus der zweiten Bundeswaldinventur für Rheinland-Pfalz.

Nach der Ermittlung des Hiebsatzes wurde für die verschiedenen Waldgruppen das Verhältnis zwischen Stark- und Schwachholz festgelegt. Es wurde angenommen, dass das gesamte Starkholz nicht zur Energieproduktion zur Verfügung steht. Das verbleibende Schwachholz wurde unterteilt in Energie- und Industrieholz. Die Konkurrenzsituation zwischen Energie- und Industrie wurde berücksichtigt indem davon ausgegangen wurde, dass 50% des Schwachholzes als Industrieholz verkauft wurde und somit für die Energiegewinnung nicht mehr zur Verfügung steht. Das restliche Holzvorkommen stellt das Energieholzpotential aus dem Waldbestand dar.

Es wurde angenommen, dass das Energieholzpotential im Privatwald nicht vollständig aktiviert werden kann. Der Privatwald ist in kleine Parzellen zersplittert und mangelhaft erschlossen. Die Bewirtschaftung und die systematische Erschließung der Waldflächen mittels forstwirtschaftlichen Wegenetzen ist gering wegen fehlendem Interesse, kleinräumiger Flächenstrukturen, geringer Bereitschaft zur Kooperation mit anderen Waldbesitzern, Informationsmangel und wegen dem geringen finanziellen Anreiz. Es wurde von einer 50% Aktivierung des Potentials aus dem Privatwald ausgegangen.

Für den Staats- und Gemeindewald wurde von einer 95%-igen Mobilisierung ausgegangen. Die Ursache hierfür beruht darauf, dass laut den Verpflichtungen der PEFC-Kriterien<sup>2</sup> mindestens 5% der Waldflächen bewirtschaftet werden müssen.

Das Energieholz wurde in Form von Hackschnitzeln bereitgestellt. Der Heizwert des Holzes variiert je nach Waldgruppe. Es wurde auf Werte aus der Literatur<sup>3</sup> zurückgegriffen. Der Feuchtigkeitsgehalt der Holzhackschnitzel wurde auf 25% festgelegt.

Bei der Ermittlung des realisierbaren Potentials wurde auch der jetzige Energieholzbedarf in der Kommune Betzdorf berücksichtigt. Im öffentlichen Wald wurden, laut Angaben des Revierförsters, jährlich 1.100 Srm für das kommunale Holzhackschnitzelheizwerk in Roodt-sur-Syre und 500 Rm

---

<sup>1</sup> Institut für angewandtes Stoffstrommanagement, Birkenfeld, 2007 Regionale Strategie zur nachhaltigen Umsetzung der Biomasse-Nutzung (RUBIN) im Rahmen des Interreg III A Programm De Lux,

<sup>2</sup> Gestion durable des forêts – Critères et indicateurs; PEFC Luxembourg a.s.b.l.

<sup>3</sup> Institut für angewandtes Stoffstrommanagement, 2007; Strategie zur nachhaltigen Umsetzung der Biomasse-Nutzung (RUBIN)

Brennholz entnommen. Der Energieholzbedarf wurde in Schüttraummeter Hackschnitzel ausgedrückt. Ein Raummeter entspricht 1,56 Srm Hackschnitzel (Institut für angewandtes Stoffstrommanagement, 2007). Der durchschnittlich errechnete Heizwert für Laub- und Nadelholz beträgt 888 kWh/Srm bei einem Feuchtigkeitsgehalt von 25%. Es wurden jährlich 1.880 Srm Energieholz mit einem Energieinhalt von 1.669 MWh aus dem kommunalen Wald in der Gemeinde Betzdorf entnommen. Die Abbildung 9 fasst die Herleitung des Energiepotentials aus forstwirtschaftlicher Biomasse zusammen.



Abbildung 9: Herleitung des Energieholzpotentials aus dem Wald

Die Herleitung und Berechnung des Energiepotentials aus Waldholz von der Gemeinde Betzdorf, wurde am 12.05.2014 mit dem verantwortlichen Revierförsters, Herr Roland Lefèbre, abgeklärt und bestätigt. Die detaillierten Berechnungen befinden sich im Anhang 3.

In der Gemeinde Betzdorf würde das realisierbare Energieholzpotential, abzüglich des bereits genutzten Energieholz bei 933 MWh/a liegen.

### 3.1.1.2 Schlagabraum aus Waldarbeiten

Der Schlagabraum, der bei der Holzernte oder bei Durchforstungsarbeiten anfällt, könnte theoretisch auch energetisch genutzt werden. Bei der Ernte von Nadelholz fallen, je geernteter Festmeter Stammholz, 0,52 Srm Kronenhackschnitzel an. Bei der Ernte von Laubholz könnte man von 0,15 Fm Schlagabraum pro Festmeter geerntetes Holz ausgehen (Institut für angewandtes Stoffstrommanagement, 2007). Das Schlagraumaufkommen in der Gemeinde Betzdorf wurde mittels des über den Hiebsatz ermittelten Holzeinschlags in der Kommune berechnet. Auf den forstwirtschaftlichen Flächen in der Gemeinde Betzdorf könnten insgesamt 5.484,9 Fm/a geerntet werden. Die sonstigen Forstflächen wurden nicht in den Berechnungen berücksichtigt. Es wurde davon ausgegangen, dass der Schlagabraum in Form von Hackschnitzel bereitgestellt wird. Es wurde ein durchschnittlicher Heizwert für Laubholz von 943 kWh/Srm und für Nadelholz von 806 kWh/Srm bei einem Feuchtigkeitsgehalt von 25% angenommen<sup>4</sup>. Das Energiepotential aus Schlagabraum in der Gemeinde Betzdorf würde theoretisch bei 1.955 MWh/a liegen (Tabelle 7).

Tabelle 7: Energiepotential des Schlagabraums

Waldgruppe	Einschlag [Fm/a]	Schlagabraum		Heizwert [kWh/Srm]	Energiepotential [kWh/a]
		[Srm/Fm]	[Srm/a]		
Nadelwald	240,6	0,520	125,1	806	100.834
Laubwald	5.244,3	0,375	1.966,6	943	1.854.519
Gesamt	5.484,9		2.091,7		1.955.354

Aus ökologischer Sicht, könnte die intensive, energetische Verwertung von Schlagabraum und Kronenmaterial zu Entzügen von Nährstoffen auf den betroffenen Flächen führen, was Konsequenzen auf die Bodenfruchtbarkeit haben kann. Des Weiteren ist eine Ganzbaumnutzung laut den PEFC-Zertifizierungskriterien nicht erlaubt. Neben den ökologischen Bedenken wäre eine intensive Schlagabraumnutzung unter den gegebenen Rahmenbedingungen wirtschaftlich nicht rentabel, da die Bergung den Einsatz von Spezialtechnik voraussetzt. Unter den gegebenen Umständen wurde in dieser Studie die energetische Schlagabraumnutzung nicht zum realisierbaren Potential gezählt.

<sup>4</sup> Institut für angewandtes Stoffstrommanagement, 2007; Strategie zur nachhaltigen Umsetzung der Biomasse-Nutzung (RUBIN)



### 3.1.2 Energiepotential biogener Reststoffe

#### 3.1.2.1 Alt-und Restholz

Bei der Ermittlung des Alt- und Restholzpotentials wurde zwischen industriellem und privaten Aufkommen unterschieden. In der Gemeinde Betzdorf befinden sich keine größeren Holzverarbeitungsbetriebe. Aufgrund der fehlenden Datenlage erfolgt die Abschätzung des verfügbaren Alt- und Restholzaufkommens in der Gemeinde Betzdorf auf Basis des nationalen Einwohnerkennwertes. In Luxemburg lag der nationale Kennwert bei 41,5 kg/E\*a. (Administration de l'environnement, Division des Déchets). Demnach würde theoretisch in Betzdorf 150 t/a an Alt- und Restholz zu Verfügung stehen. 10% wurden als Verluste abgezogen. Der Heizwert von Alt- und Restholz liegt laut Literaturangaben zwischen 3,4 kWh/kg und 3,8 kWh/kg (EnergieAgentur.NRW). Es wurde ein durchschnittlicher Heizwert von 3,6 kWh/kg angenommen. Das realisierbare Alt- und Restholzpotential in der Gemeinde Betzdorf liegt bei 487 MWh/a (Tabelle 8).

Tabelle 8: Realisierbares Alt- und Restholzpotential

	Kennwert [kg/(E*a)]	Einwohner	Anfall [kg/a]	Verlust [%]	Heizwert [kWh/kg]	Energiepotential [kWh/a]
Alt- und Restholz	41,5	3.623	150.340	10,00	3,6	487.102

#### 3.1.3 Landschaftspflegematerial

Das Energiepotential aus dem Landschaftspflegematerial setzt sich aus dem Potential von halmgutartigem und holzartigem Landschaftspflegematerial zusammen. Die Zusammensetzung des Landschaftspflegematerials ist nicht immer konstant und variiert in Abhängigkeit der Pflegemaßnahmen und Jahreszeit. In dieser Studie wurden ausschließlich der kommunale und private Grünschnitt, das Straßen- und das Schienenbegleitgrün betrachtet. Das Material, was bei der Pflege von Streuobstwiesen anfällt, wurde aufgrund der fehlenden Datengrundlage nicht erfasst.

Der kommunale und private Grünschnitt wird laut den Angaben des technischen Dienstes bei dem Abfallsyndikat *SIGRE* abgeliefert und kompostiert. Den privaten Haushalten stehen zwei Sammelstellen zur Verfügung, wo das anfallende Landschaftspflegematerial abgegeben werden kann (Abbildung 10). Neben dem privaten Aufkommen wurde das Material, was bei der Pflege von kommunalen Grünanlagen und Wegen anfällt, beim Abfallsyndikat abgegeben.

In 2012 wurden insgesamt 463.080 kg Landschaftspflegematerial bei *SIGRE* abgeliefert. Es lagen keine genauen Angaben betreffend der Zusammensetzung des beim Syndikat abgelieferten Landschaftspflegematerials vor. Laut eines Mitarbeiters des technischen Dienstes, wurde größtenteils holzartiges Material bei *SIGRE* abgegeben und kompostiert. Der bei der Pflege von



kommunalen Anlagen und Wege anfallende Grasschnitt wurde in der Biogasanlage in Berg vergoren. Der Anteil an halmgutartigen Material wurde daher auf schätzungsweise 30% der bei SIGRE abgelieferten Menge festgelegt. (138.924 kg/a)



Abbildung 10: Sammelstelle  
Landschaftspflegematerial Gemeinde Betzdorf



Abbildung 11: Herkunft Landschaftspflegematerial  
entlang der N1 in der Gemeinde Betzdorf

Im Rahmen der Potentialermittlung von Straßen- und Schienenbegleitgrün wurde aufgrund der fehlenden Datenlage von Literaturwerten ausgegangen. Das Potential von den kommunalen Straßen wurde bereits in den bei SIGRE beziehungsweise bei den in der Biogasanlage abgelieferten Menge berücksichtigt. In der Gemeinde Betzdorf beträgt die Länge der *Chemins repris* 8,56 km, der Nationalstraßen 7,77 km und der Autobahn 1,55 km (Abbildung 11). Die angegebenen Längen beinhalten nicht die Ortsdurchfahrten. Das holzartige Material aus der Pflege der Nationalstraßen wird in der Regel gehackt und vor Ort liegen gelassen. Laut der RUBIN-Studie kann man für *Chemins repris* und Nationalstraßen von einer Gehölzfläche von 0,2 ha/km und einer Schnittmenge von 4,1 t FM/ha ausgehen. Die Gehölzfläche für Autobahnen beträgt auch laut der genannten Studie, 0,6 ha/km und die Schnittmenge 3,4 t FM/ha. Es wurde von 20% Bergeverlusten ausgegangen. Es fallen jährlich 13,2 t FM holzartiges Straßenbegleitgrün an (Abbildung 15).

Tabelle 9: Jährliches holzartiges Straßenbegleitgrünaufkommen

	Länge [km]	Fläche [ha/km]	Schnittmenge [t FM/ha*a]	Bergeverluste [%]	Aufkommen [t FM/a]
Chemin repris	8,56	0,2	4,1	20	5,6
Nationalstraße	7,77	0,2	4,1	20	5,1
Autobahn	1,55	0,6	3,4	20	2,5
Gesamt					13,2

Neben dem holzartigen Material fällt auch halmgutartiges Material an. Derzeit wird dieses Material größtenteils gemulcht. Das Potential wurde über die gemähte Breite des Grünstreifens und der Schnittmenge ermittelt. Die Mähbreite für *Chemins repris* liegt bei 2,5 m, für Nationalstraßen bei 3,5 m und für Autobahnen bei 5 m je Straßenseite (Pont et Chaussées). Die Schnittmenge variiert

zwischen 8 und 13 t FM/ha. Es wurde eine durchschnittliche Schnittmenge von 10,5 t FM/ha angenommen. Die Bergeverluste liegen bei 20%. Das jährliche Straßenbegleitgrünaufkommen in der Gemeinde Betzdorf liegt bei 94,7 t FM/ha (Tabelle 10).

Tabelle 10: Jährliches halmgutartiges Straßenbegleitgrünaufkommen

	Länge [km]	Mähbreite [m]	Fläche [ha]	Schnittmenge [t FM/ha*a]	Bergeverluste [%]	Aufkommen [t FM/a]
Chemin repris	8,56	5	4,28	10,5	20	36,0
Nationalstraße	7,77	7	5,44	10,5	20	45,7
Autobahn	1,55	10	1,55	10,5	20	13,0
<b>Gesamt</b>						<b>94,7</b>

Bei der Potentialermittlung des Schienenbegleitgrüns wurde ähnlich wie bei dem Straßenbegleitgrün vorgegangen. Das Schienennetz in der Gemeinde Betzdorf hat laut dem Vermessungstools des Geoportals eine Länge von 7,2 km. Das Schienenbegleitgrün verbleibt am Anfallort liegen. Für das holzartige Material kann man von einer Gehölzfläche von 0,2 ha/km und einer Schnittmenge von 5 t FM/ha ausgehen (Rubin Studie). Die Grasfläche entlang des Schienennetzes kann auf 0,6 ha/km und die Schnittmenge auf 8 t FM/ha festgelegt werden. Man kann von 20% Bergeverlusten ausgehen. Das Aufkommen an holzartigem Material liegt bei 5,8 t FM/ha und von halmgutartigem bei 27,6 t FM/ha (Tabelle 11).

Tabelle 11: Jährliches Schienenbegleitgrünaufkommen

	Länge [km]	Fläche [ha/km]	Schnittmenge [t FM/ha*a]	Bergeverluste [%]	Aufkommen [t FM/a]
Halmgutartig	7,2	0,6	8	20	27,6
Holzartig	7,2	0,2	5	20	5,8

Es wurde davon ausgegangen, dass das gesamte halmgutartige Landschaftspflegematerial, das innerhalb des Gemeindegebietes anfällt, in einer Biogasanlage verwertet werden könnte. Zur Berechnung des Energiepotentials wurde für die Stoffeigenschaften, der spezifischen Biogasertrag und der Methangehalt von Grünschnitt der Werte aus Tabelle 12 angenommen. Das realisierbare Energiepotential würde bei 94 MWh/a liegen.

Tabelle 12: Energiepotential aus halmgutartigem Landschaftspflegematerial

Halmgutartiges Landschaftspflegematerial	Aufkommen [t FM/a]	TS-Gehalt [%]	oTS-Gehalt [%]	Spez. Biogasertrag [Nm³/t oTS]	Biogasmenge [Nm³/a]	CH <sub>4</sub> -Gehalt [%]	Energiepotential [kWh/a]
Privates und kommunales Material	138,9	33,6	66,6	260	8.081,4	62	50.105
Straßenbegleitgrün	94,7	33,6	66,6	260	5.509,8	62	34.161
Schienenbegleitgrün	27,6	33,6	66,6	260	1.605,8	62	9.956
<b>Gesamt</b>	<b>261,2</b>				<b>15.197,1</b>		<b>94.222</b>

Die angewendete Technik durch Mulchen des Straßen- und Schienenbegleitgrüns lässt eine Bergung dieses Materials nicht zu. Aus diesem Grund wurde ausschließlich das private und kommunale

Material zum realisierbaren Potential gezählt. Das realisierbare Potential würde bei 50 MWh/a liegen.

Der holzartige Anteil des Landschaftspflegematerials würde zu Hackschnitzel aufgearbeitet werden, jedoch nur die Grobfraction würde thermisch verwertet werden. Die Materialaufbereitung würde durch Schreddern oder Hacken und anschließendes Absieben der Grobfraction erfolgen. Die Grobfraction macht nur ca. 30% der Masse aus. Das restliche Material würde für die Kompostierung zu Verfügung stehen. Der Heizwert von Hackschnitzel aus Landschaftspflegmaterial beträgt, laut Literaturangaben, 600 kWh/Srm bei einer Restfeuchte von 30%. Die Schüttdichte von Grünschnitt wurde auf 280 kg/Srm bei einem Wassergehalt von 30% festgelegt (Institut für angewandtes Stoffstrommanagement, 2007).

An dieser Stelle wurde davon ausgegangen, dass das gesamte holzartige Material zum realisierbaren Potential gezählt werden könnte. Das holzartige Begleitgrün wurde sowieso gehackt und kann somit auch ohne größeren Aufwand abtransportiert werden. In der Gemeinde Betzdorf würde das realisierbare Potential aus holzartigem Grünschnitt bei 221 MWh/a liegen (Tabelle 13).

Tabelle 13: Realisierbares Energiepotential aus holzartigem Landschaftspflegematerial

Holzartiges Landschaftspflegematerial	Aufkommen [t FM/a]	Verluste [%]	Grobfraction [t/a]	Schüttdichte [kg/Srm]	Anfall [Srm/a]	Heizwert [kWh/Srm]	Energiepotential [kWh/a]
Privat und kommunal (Angabe SIGRE)	324,2	70	97,3	280	347,5	600	208.500
Straßenbegleitgrün (Angabe P&Ch)	13,2	70	4,0	280	14,3	600	8.571
Schienenbegleitgrün (eigen Berechnung)	5,8	70	1,7	280	6,1	600	3.643
<b>Gesamt</b>	<b>343,2</b>						<b>220.714</b>

### 3.1.3.1 Bioabfall

In der Gemeinde Betzdorf wird der anfallende Bioabfall, zurzeit noch nicht getrennt, durch die Biotonne erfasst. Eine separate Erfassung ist für die kommende Jahre geplant. Es ist rechtlich unbedenklich, obwohl die Gemeinde dem Gemeindesyndikat SIGRE angeschlossen ist und dort nur verpflichtet ist, die Haushaltabfälle (Grau-Tonne) abzuliefern. Für die separat erfassten Bioabfälle, besteht keine Pflicht diese beim SIGRE abzuliefern. Hier kann die Kommune frei entscheiden, welche alternativen Entsorgungswege sie bevorzugt.

In 2009 lag der Anteil des Bioabfalls im Restmüll bei 118,23 kg/E\*a. (Administration de l'environnement, Division des Déchets) Die organische Fraktion setzt sich größtenteils aus Speiseresten und Grünschnitt zusammen. Der nationale Einwohnerkennwert für Biomüll lag bei 44,8 kg/E\*a (Administration de l'environnement, Division des Déchets). In der Gemeinde Betzdorf könnten im Jahr durch die Einführung der Biotonne 162,3 t FM Biomüll separat erfasst werden. Die Stoffdaten, der Biogasertrag und Methangehalte für die Ermittlung des Energiepotentials aus

Bioabfall stammten aus der Literatur<sup>5</sup>. Das Potential im Bereich Biomüll würde in der Gemeinde Betzdorf bei rund 120 MWh/a liegen (Tabelle 14).

Tabelle 14: Energiepotential aus Biomüll und Speiseresten

	Kennwert [kg/(E*a)]	Aufkommen [t FM/a]	TS-Gehalt [%]	oTS-Gehalt [%]	Spez. Biogasertrag [m <sup>3</sup> /t oTS]	Biogasmenge [Nm <sup>3</sup> /a]	CH <sub>4</sub> -Gehalt [%]	Energiepotential [kWh/a]
Biomüll	44,8	162,3	40	50	615	19.964	60	119.785

Biomüll muss, wegen seiner Stör- und Schadstofffrachten und aus hygienischen Gründen, vor der Vergärung einer speziellen Behandlung unterzogen werden. Die Störstoffe müssen, je nach Zusammensetzung über Siebe, Magnetabscheider oder ähnliches abgetrennt werden. Anschließend müssen die Substrate laut der *EG-Verordnung 1774/2002* zerkleinert und hygienisiert<sup>6</sup> werden. Die Verwertung von Biomüll ist für kleinere Anlagen oftmals nicht wirtschaftlich, da die Einnahmen aus der Verwertung von Reststoffen den erforderlichen technischen und arbeitstechnischen Mehraufwand nicht decken können.

Folglich wäre das jährliche Biomüllaufkommen zu gering um eine energetische Verwertung in der Gemeinde vorzusehen. Es ist jedoch nicht ausgeschlossen, dass Biomüll in einer Kofermentationsanlage außerhalb des Gemeindegebietes verwertet werden könnte.

Zurzeit existieren 3 Kofermentations-Biogasanlagen in Luxemburg<sup>7</sup>, die Biomüll verarbeiten. Diese haben Kapazitätsgrenzen von 15.000 bis 20.000 t/a (pro Anlage) und die noch nicht erreicht sind. Somit könnten die 162 t/a Biomüll dem realisierbaren Potential zugute geschrieben werden, wenn diese in Zukunft in einer Kofermentationsanlage außerhalb des Gemeindegebietes verwertet würden.

### 3.1.3.2 Reststoffe aus Gewerbe und Industrie

Im Bereich der Reststoffe aus Gewerbe und Industrie wurden die Speisereste aus einer sozialen Einrichtung und die Abfälle aus der industriellen Großbäckerei in Roodt-sur-Syre betrachtet. Im Jahr 2012 lag der jährliche Speiseresteanfall in der betrachteten Einrichtung, laut den Angaben eines Mitarbeiters, bei 26.555 kg FM. Die Speisereste würden sich für die Verwertung in Kofermentationsanlagen eignen. Dazu müssen die Biogasanlagen allerdings über eine spezielle Zulassung laut der *EG-Verordnung 1774/2002* verfügen und hohe Hygieneanforderungen erfüllen. Zur Ermittlung des Energiepotentials wurde auf Literaturwerte zurückgegriffen. Das Energiepotential aus Speiseresten würde bei 15 MWh/a liegen (Tabelle 15).

<sup>5</sup> Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL)

<sup>6</sup> Erwärmung auf mindesten 70°C während 1 Stunde

<sup>7</sup> Bakona s.à r.l.; Naturgas Kielen S.C.; Minettkompost

Tabelle 15: Energiepotential aus Speiseresten

	Anfall [t FM/a]	TS-Gehalt [%]	oTS-Gehalt [%]	Spez. Bioasertrag [m <sup>3</sup> /t oTS]	Biogasmenge [Nm <sup>3</sup> /a]	CH <sub>4</sub> -Gehalt [%]	Energiepotential [kWh/a]
Speisereste	26,555	16	87	680	2.513,6	60	15.082

Von der Großbäckerei wurden bis dato keine Daten über die anfallenden Reststoffe zu Verfügung gestellt. Laut den Aussagen des Betreibers der Biogasanlage in Berg werden jährlich 1.825 t FM Altbrot und Backabfälle aus der Großbäckerei in Biogasanlagen verwertet. Davon werden 912,5 t FM in einer Biogasanlage außerhalb der Gemeinde Betzdorf vergoren. Es wurde davon ausgegangen, dass diese Menge auch in einer Biogasanlage in der Kommune vergoren werden könnte. Diese Mengen an Altbrot und Backabfällen wurden während der Präsentation der Zwischenresultate am 18.10.2013 von den Gemeindeverantwortlichen bestätigt.

Das aktuelle realisierbare Energiepotential aus Altbrot und Backabfällen würde bei 2.624 MWh/a liegen (Tabelle 16).

Tabelle 16: Realisierbares Energiepotential aus industriellen und gewerblichen Reststoffen

	Anfall [t FM/a]	TS-Gehalt [%]	oTS-Gehalt [%]	Spez. Bioasertrag [m <sup>3</sup> /t oTS]	Biogasmenge [Nm <sup>3</sup> /a]	CH <sub>4</sub> -Gehalt [%]	Energiepotential [kWh/a]
Altbrot	912,5	65	97	760	437.251,8	60	2.623.511

### 3.1.3.3 Altspeiseöle und -fette

Im Jahr 2010 wurden in der Gemeinde Betzdorf 2.025 kg Fett- und Ölabfälle pflanzlichen und tierischen Ursprungs eingesammelt und entsorgt. Die Fett- und Ölabfälle werden separat in Behältern durch ein Unternehmen eingesammelt. Etwa 93% der eingesammelten Öle und Fette werden zu Fettmethylester umwandelt. Die restliche Menge kann wegen Verunreinigungen nicht verwendet werden (Ministère du Développement durable et des Infrastructures). Laut *Arrêté ministériel du 23 avril 2010 modifiant l'arrêté ministériel du 30 juin 1999 concernant l'élimination des huiles et graisses végétales et animales* können Altspeiseöle und -fette in Luxemburg unter bestimmten Voraussetzungen in Biogasanlagen energetisch verwertet werden.

In dieser Arbeit wurde angenommen, dass 93% des Altöl- und Altfettanfalls in einer Biogasanlage in der Gemeinde Betzdorf vergoren werden könnten. Das Energiepotential im Bereich Altspeiseöle und -fette würde bei 11 MWh/a liegen (Tabelle 17)

Tabelle 17: Energiepotential aus anfallenden Speiseöle und -fette

	Anfall [kg/a]	Verfügbar [kg FM/a]	TS-Gehalt [%]	oTS-Gehalt [%]	Spez. Biogasertrag [m <sup>3</sup> /t oTS]	Biogasmenge [Nm <sup>3</sup> /a]	CH <sub>4</sub> -Gehalt [%]	Energiepotential [kWh/a]
Speiseöl und -fette	2.025	1.883	95	87	1.000	1.556,5	68	10.584

Fett- und Ölabfälle aus pflanzlichem und tierischem Ursprung fallen laut der *EG-Verordnung 1774/2002* unter tierische Nebenprodukte und müssen dementsprechend, genau wie der Biomüll, aufbereitet und behandelt werden.

#### **3.1.3.4 Klärschlamm**

Die zwischen Betzdorf und Hagelsdorf gelegene Kläranlage wird vom Abwassersyndikat *SIDEST* betrieben (Abbildung 1). An die gemeindeübergreifende Kläranlage sind die Ortschaften Mensdorf, Roodt-sur-Syre, Olingen, Betzdorf, Banzelt und Berg, die Gewerbegebiete Rothoicht, Multimedia Betzdorf und Zillerei, sowie die angrenzenden Ortschaften Rodenbourg und Hagelsdorf angeschlossen. Das Abwasser von 7.500 EGW wird dort behandelt. Des Weiteren kommt noch die Schmutzbelastung von 2.500 EGW der Großbäckerei in Roodt-sur-Syre hinzu (Gemeindeverwaltung Betzdorf). Die Ortschaften Rodenbourg und Hagelsdorf gehören zu der Gemeinde Junglinster beziehungsweise Biwer. Laut den Angaben der jeweiligen Gemeindeverwaltungen zählt Hagelsdorf 18 Einwohner und Rodenbourg 118 Einwohner. Unter Berücksichtigung der Einwohnerzahl der Gemeinde Betzdorf und der von der Großbäckerei ausgehenden Schmutzfracht wurde davon ausgegangen, dass die Abwässer aus den zwei Ortslagen nur einen geringen Teil der in der Kläranlage behandelten Abwässer ausmachen und vernachlässigt werden können.



Abbildung 12: Kläranlage SIDEST in der Gemeinde Betzdorf

Die Ermittlung des Klärschlammpotentials bezieht sich auf den Jahresbericht der klärschlammspezifischen Abfälle in Luxemburg (Administration de l'environnement und Administration de la gestion de l'eau). Im Jahre 2011 wurden 308.806 kg TS Klärschlamm in der Kläranlage produziert, was einem Einwohnerkennwert von 37 kg TS/a entspricht. Der Klärschlamm wird aktuell nach einer Stabilisierung auf den landwirtschaftlichen Flächen ausgebracht.



Die Stabilisierung hat zum Ziel, dass im Anschluss biologische oder chemische Umsetzungsprozesse nur noch begrenzt oder sehr langsam ablaufen, damit eine Klärschlammverwertung erfolgen kann. Die Schlammstabilisierungen erfolgt chemisch-physikalisch durch Beimischung von Kalziumoxid<sup>8</sup>.

Bei der Ermittlung des Energiepotentials wurde davon ausgegangen, dass der Klärschlamm einer anaeroben Behandlung unterzogen und in einem Faulturm auf der Kläranlage vergoren werden könnte. Alternativ könnte auch der Klärschlamm in einer klassischen Biogasanlage vergärt werden.

Die angenommen Trockensubstanzgehalte, der spezifische Gasertrag und Methangehalt für Klärschlamm stammten aus der Literatur<sup>9</sup>. Das realisierbare Energiepotential im Bereich Klärschlamm würde bei 603 MWh/a liegen (Tabelle 18).

Tabelle 18: Realisierbares Energiepotential im Bereich Klärschlamm

	Anfall [kg TS/a]	oTS-Gehalt [%]	Spez. Biogasertrag [m <sup>3</sup> /t oTS]	Biogasmenge [Nm <sup>3</sup> / t oTS]	CH <sub>4</sub> -Gehalt [%]	Energiepotential [kWh/a]
Klärschlamm	308.806	70	450	97.273,9	62	603.098

Eine Optimierungsmöglichkeit bei der Kläranlage würde darin liegen, die Abwässer von der Großbäckerei einer Vorbehandlung zu unterbreiten<sup>10</sup>. Dadurch würde sich die Schmutzfracht in der bestehenden Kläranlage verringern und es würden wieder Kapazitäten frei werden.

<sup>8</sup> Branntkalk

<sup>9</sup> Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL)

<sup>10</sup> UASB-Reaktor

### 3.1.4 Energiepotential landwirtschaftlicher Biomassen

#### 3.1.4.1 Wirtschaftsdünger

Zur Ermittlung des energetischen Potentials aus der Tierhaltung wurde der Festmist- und Gülleanfall über den Viehbestand in der Gemeinde Betzdorf berechnet. Im Jahr 2007 lag der Viehbestand in der Gemeinde Betzdorf bei 4.342 Stück (Statec, 2007). Über den spezifischen, monatlichen Wirtschaftsdüngeranfall und den Viehbestand wurden der jährliche Gülle- und Festmistanfall berechnet. Als spezifischer Gülle- und Wirtschaftsdüngeranfall wurden die Werte aus der Informationsbroschüre der Landschaftspflegeprämie entnommen (Ministère de l'Agriculture, de la Viticulture et du Développement rurale). Die Werte für die Aufstellungsart und die Aufenthaltszeit im Stall wurden für jede Gruppe festgelegt (CONVIS, persönliche Mitteilung Mai 2013 an Herr Jérôme Fries). In der Gemeinde Betzdorf fallen jährlich rund 17.319,6 t FM Gülle und 8.166,4 t FM Festmist an (Anhang 4). Davon werden bereits 2.550 t FM Wirtschaftsdünger in den zwei bestehenden Biogasanlagen in der Gemeinde verwertet und stehen somit nicht mehr zur Verfügung.

Das Gesamtpotential, ohne die Berücksichtigung der Verwertung durch die bestehenden Biogasanlagen, würde bei 5.791 MWh/a liegen. Nach Abzug der bereits verwerteten Mengen, würde ein realisierbares Energiepotential von 4.900 MWh/a verbleiben (Tabelle 19).

Tabelle 19: Energiepotential im Bereich Wirtschaftsdünger

Wirtschaftsdünger	Anfall [t FM/a]	Biogasmenge [Nm <sup>3</sup> /a]	Energiepotential [kWh/a]
<b>Gesamtpotential</b>			
Schweinegülle	2.253,6	43.269,1	259.615
Rindergülle	15.066,0	269.982,7	1.484.905
Schweinemist	266,4	22.885,1	137.311
Rindermist	7.881,6	709.344,0	3.901.392
Pferdemist	18,0	1.323,0	7.277
Hühnermist	0,4	103,2	526
<b>Gesamt</b>	<b>25.486,0</b>	<b>1.046.907,1</b>	<b>5.791.025</b>
<b>Bedarf Biogasanlagenbestand</b>			
Rindergülle	1.000,0	17.920,0	98.560
Rindermist	1.600,0	144.000,0	792.000
<b>Gesamt</b>	<b>2.600,0</b>	<b>161.920,0</b>	<b>890.560</b>
<b>Realisierbares Potential</b>		<b>884.987,1</b>	<b>4.900.465</b>



### **3.1.4.2 Landwirtschaftliche Flächen**

Die Landwirte in der Gemeinde Betzdorf bewirtschaften insgesamt 1.794 ha landwirtschaftliche Fläche. Diese Flächenangabe berücksichtigt auch die Flächen, die außerhalb des Gemeindegebietes liegen, jedoch von Landwirten aus der Gemeinde Betzdorf bewirtschaftet werden. Die Flächen sind aufgeteilt in 913 ha Ackerland und 881 ha Dauergrünland.

Die zentrale Frage beim Anbau von Energiepflanzen ist die zum Anbau zur Verfügung stehende landwirtschaftliche Fläche. Laut den Angaben der luxemburgischen Ackerbauverwaltung ASTA stehen in Luxemburg 5% der Ackerbaufläche, rund 3.000 ha für den Anbau von Energiepflanzen zur Verfügung. Die Verwaltung sieht ein hohes Potential im Bereich der Biogaserzeugung und wenig Potential in dem Anbau von Energiepflanzen zur Treibstoffproduktion und zur thermischen Verwertung. Der Anbau von Kulturen für die Treibstoffherstellung ist in den letzten Jahren, aufgrund des Wegfalls der Stilllegungsflächen und der flächenbezogenen Beihilfen für den Energiepflanzenanbau seitens der Europäischen Union, stark zurückgegangen. Die Anbaufläche für Energiepflanzen die thermisch verwertet werden, ist als vernachlässigbar einzustufen (Herr Pelt, ASTA, persönliche Mitteilung Mai 2013 an Herr Jérôme Fries).

Im Jahr 2006 hat das Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung zusammen mit anderen Partnern die Potentiale für die energetische Nutzung von Biomasse in der LUXRES-Studie ermittelt. Auf dieser Studie basiert der Luxemburger Aktionsplan für erneuerbare Energien von 2010 (Ministère de l'Economie et du Commerce extérieur, 2010). Im Bereich der landwirtschaftlichen Flächen wurden für den Energiepflanzenanbau 20% der Ackerfläche bis 2020 vorgesehen. Von dieser verfügbaren Fläche stand jeweils ein Drittel zur Bereitstellung von festen, flüssigen und gasförmigen Energieträger zur Verfügung.

In der RUBIN-Studie wurden im Rahmen eines grenzüberschreitenden *Interreg*-Projektes von dem Institut für angewandtes Stoffstrommanagement und anderen Partnern die regionalen Bioenergiepotentiale ermittelt. In dieser Studie wurde von einer energetischen Nutzung von 20% der landwirtschaftlichen Fläche in Luxemburg bis 2020 ausgegangen. Wie in der LUXRES-Studie wurde für die Produktion fester, flüssiger und gasförmiger Energieträger jeweils ein Drittel der verfügbaren Fläche zur Verfügung gestellt. Das Potential im Bereich des Dauergrünlandes wurde unter Berücksichtigung der Naturschutzflächen und des Futterbedarfs der Nutztiere ermittelt.

Die Umweltorganisation *Mouvement Ecologique* sieht wenig Potential im Bereich der Agrokraftstoffe und fordert eine Aufgabe des Anbaus von Energiepflanzen zur Kraftstoffproduktion. Die Organisation macht keine Angabe in Bezug auf die Flächennutzung im Bereich Biogas, da der Landwirt

grundsätzlich frei ist im Rahmen der gesetzlichen Vorgaben seine Flächen zu bewirtschaften. Es werden Empfehlungen für einen nachhaltigen Anbau, insbesondere hinsichtlich der Rotation der Fruchtfolge gemacht. Für die Umtriebsplantagen wird auf eine geplante und durchdachte Anlegung der Plantagen und auf die ökologischen Vorteile in ackerbaureichen Regionen hingewiesen. In waldreichen Gebieten sind die Kurzumtriebsplantagen, laut der Umweltorganisation, eher unerwünscht. Der Anbau von Miscanthus soll im Versuchsmaßstab durchgeführt werden.

Im Rahmen dieser Studie wurde davon ausgegangen, dass auf der für die Energiegewinnung verfügbaren Anbaufläche ausschließlich NawaRo für die Biogasproduktion angebaut werden würde. Der Anbau von NawaRo zur Treibstoffproduktion und zur thermischen Verwertung wurde nicht betrachtet. Es wurden verschiedene Szenarien für die Verfügbarkeit der Anbaufläche in dieser Studie untersucht. Im ersten Szenario wurde angenommen, dass 5% der gesamten landwirtschaftlichen Fläche für die Biogasproduktion genutzt werden könnte. Im zweiten Szenario wurde das Potential auf Basis von 6,7% der gesamten landwirtschaftlichen Fläche entsprechend der Annahme der LUXRES- und RUBIN-Studie ermittelt. Für das dritte Szenario wurde von 7,5% der landwirtschaftlichen Nutzfläche ausgegangen.

Auf der verfügbaren Ackerfläche würden vier verschiedene Kulturen zu gleichen Flächenanteilen angebaut werden. Bei der Auswahl der Kulturen wurde großer Wert auf einen nachhaltigen Anbau, eine Diversifizierung des Artenspektrums, auf die Humusmehrung und den Schutz des Bodens vor Erosion gelegt. Als einjährige Kulturen würden Silomais, Sudangras und GPS-Getreide angebaut werden. Sudangras ist eine praxistaugliche Biogaspflanze und kennzeichnet sich durch ein hohes Biomassepotential aus. GPS-Getreide passt gut in die Fruchtfolge und durch eine Bodenbedeckung im Winter und Frühjahr werden Erosion und eine Nährstoffauswaschung verhindert. Die einjährigen Biogaspflanzen würden mit mehrjährigem Ackergras kombiniert werden um die Fruchtfolge aufzulockern. Ackergras zeichnet sich durch eine ganzjährige Bodenbedeckung und einen sehr hohen Fruchtfolgewert aus. Zudem könnte man in Zukunft auch neben den genannten Kulturen den Anbau von Switchgras, Riesenweizengras oder Wildblumen vorsehen. Das bestehende Dauergrünland ürde erhalten bleiben, es würde kein Dauergrünlandumbruch erfolgen. Bei der Potentialermittlung wurden die bereits von den bestehenden Biogasanlagen genutzten Flächen berücksichtigt und von der zur Verfügung stehenden Fläche abgezogen (Tabelle 12).

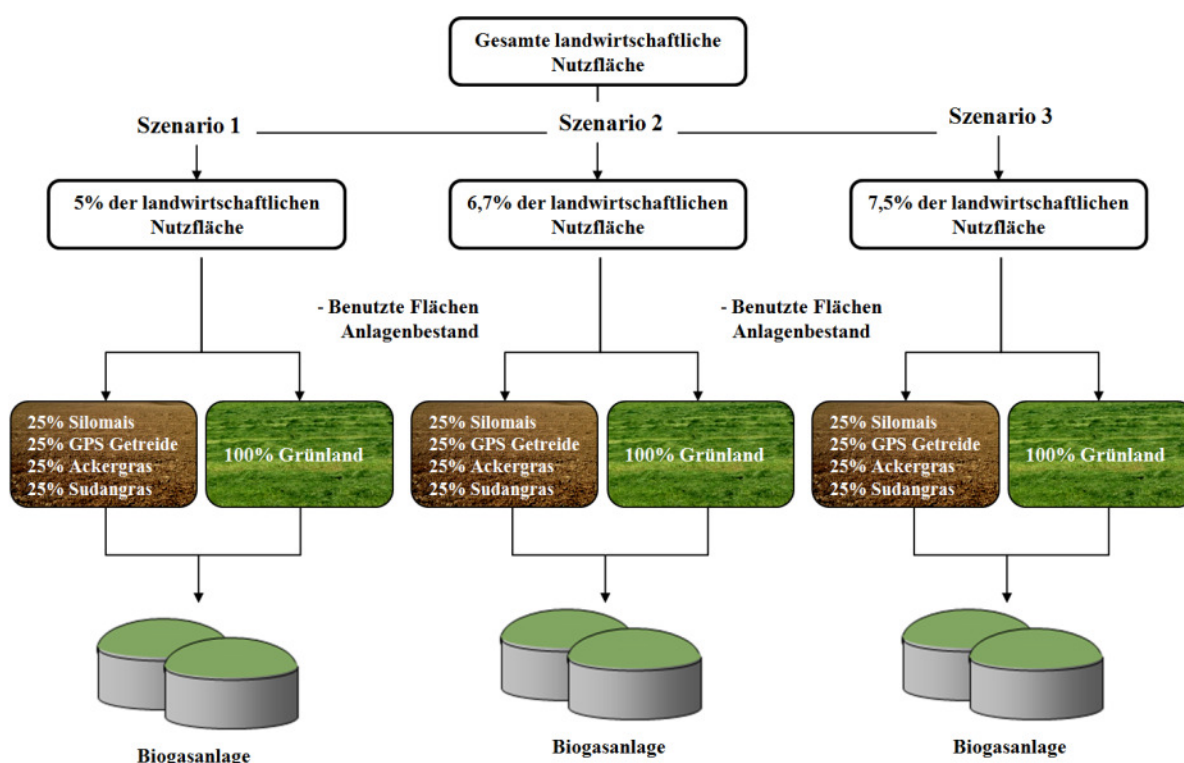


Abbildung 13: Vorgehensweise zur Ermittlung des Biomassepotentials von den landwirtschaftlichen Flächen

Für die Ermittlung des Flächenbedarfs des Biogasanlagenbestandes und für die Ermittlung des Energiepotentials wurden Erträge aus der Literatur herangezogen. Für Silomais, Dauergrünland und Ackergras wurden nationale durchschnittliche Erträge aus den Jahren 2007 bis 2012 zu Grunde gelegt (Service d'Economie rurale, 2013). Für GPS-Getreide, Sudangras und Sonnenblumen wurden mittlere Erträge aus der Literatur<sup>11</sup> angenommen. Die Tabelle 20 stellt die angenommenen Erträge, die Trockensubstanzgehalte, die spezifischen Biogaserträge und die Methangehalte der verschiedenen NawaRo dar.

Tabelle 20: Angenommenen Erträge, Trockensubstanzgehalte, spezifischen Biogaserträge und Methangehalte der NawaRo

	Ertrag [t FM/a]	TS-Gehalt [%]	oTS-Gehalt [%]	Spez. Biogasertrag [Nm <sup>3</sup> /t oTS]	CH <sub>4</sub> -Gehalt [%]
Silomais	46,6	32,5	94	600	52
GPS-Getreide	35	35	94	520	52
Sudangras	44	27	91	520	55
Ackergras	25,6	35	88	560	54
Gras	21,9	35	88	560	54
Sonnenblumen	40	25	90	520	57

<sup>11</sup> Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL)

Die zwei bestehenden Biogasanlagen beanspruchen für die Bereitstellung der NawaRo insgesamt 107,35 ha der landwirtschaftlichen Nutzfläche in der Gemeinde Betzdorf (Tabelle 21).

Tabelle 21: Flächenbedarf der bestehenden Biogasanlagen zur Bereitstellung der Substrate

Anlagenbestand	Ackerfläche [ha]	Dauergrünland [ha]	Gesamtfläche [ha]
Biogasanlage in Berg	7,83	16,67	24,50
Biogasanlage in Betzdorf	37,19	45,66	82,85
<b>Gesamt</b>	<b>45,02</b>	<b>62,33</b>	<b>107,35</b>

### Szenario 1: 5,0% der landwirtschaftlichen Nutzfläche in der Gemeinde Betzdorf

Im ersten Szenario würden nur noch 0,63 ha der landwirtschaftlichen Fläche der Biogasproduktion zur Verfügung stehen. Der Flächenbedarf der bestehenden Biogasanlagen würde das theoretisch verfügbare Dauergrünland (44,05 ha) um 18,28 ha übersteigen (Tabelle 22). Die geringe verfügbare Fläche ist auf den starken Einsatz von NawaRo in der Biogasanlage in Betzdorf zurückzuführen.

Tabelle 22: Verfügbare landwirtschaftliche Nutzfläche zur Biogasproduktion laut Szenario 1

Flächennutzung	5% der Fläche [ha]	Benutzte Fläche [ha]	Verfügbare Fläche [ha]
Ackerland	45,65	45,02	0,63
Dauergrünland	44,05	62,33	-18,28
<b>Gesamt</b>	<b>89,70</b>	<b>107,35</b>	<b>0,63</b>

Die mögliche Biogasproduktion würde bei 3.794 Nm<sup>3</sup>/a liegen. Das realisierbare Potential wäre gering und würde bei 20 MWh/a liegen (Tabelle 23).

Tabelle 23: Realisierbares Energiepotential im Bereich der landwirtschaftlichen Nutzflächen laut dem Szenario 1

	Fläche [ha]	Ertrag [t FM/a]	Erntemenge [t FM/ha]	TS-Gehalt [%]	oTS-Gehalt [%]	Spez. Biogasertrag [m <sup>3</sup> /t oTS]	Biogasmenge [Nm <sup>3</sup> ]	CH <sub>4</sub> -Gehalt [%]	Energieinhalt [kWh]
Silomais	0,16	46,6	7,5	32,5%	94%	600	1.366,7	52%	7.107
GPS-Getreide Triticale	0,16	30	4,8	35%	94%	520	821,2	52%	4.270
Sudangras	0,16	44	7,0	27%	91%	520	899,5	55%	4.947
Ackergras	0,16	25,6	4,1	35%	88%	560	706,5	54%	3.815
Dauergrünland	0,00	21,9	0,0	35%	88%	560	0,0	54%	0
<b>Realisierbares Potential</b>							<b>3.793,9</b>		<b>20.139</b>

## Szenario 2: 6,7% der landwirtschaftlichen Nutzfläche in der Gemeinde Betzdorf

Laut dem Szenario 2 würden 16,15 ha der landwirtschaftlichen Fläche zur Biogasproduktion zur Verfügung stehen (Tabelle 24).

Tabelle 24: Verfügbare landwirtschaftliche Nutzfläche zur Biogasproduktion laut Szenario 2

Flächennutzung	6,7% der Fläche [ha]	Benutzte Fläche [ha]	Verfügbare Fläche [ha]
Ackerland	61,17	45,02	16,15
Dauergrünland	59,03	62,33	-3,30
<b>Gesamt</b>	<b>120,20</b>	<b>107,35</b>	<b>16,15</b>

Auf Basis der verfügbaren Flächen wurde die Biogasproduktion ermittelt. Es könnten jährlich 95.794 Nm<sup>3</sup> Biogas produziert werden. Das realisierbare Potential für die energetische Nutzung von NawaRo würde für das zweite Szenario 509 MWh/a betragen (Tabelle 25).

Tabelle 25: Realisierbares Energiepotential im Bereich der landwirtschaftlichen Nutzflächen laut dem Szenario 2

	Fläche [ha]	Ertrag [t FM/a]	Erntemenge [t FM/ha]	TS-Gehalt [%]	oTS-Gehalt [%]	Spez. Biogasertrag [m <sup>3</sup> /t oTS]	Biogasmenge [Nm <sup>3</sup> ]	CH <sub>4</sub> -Gehalt [%]	Energieinhalt [kWh]
Silomais	4,04	46,6	188,3	32,5%	94%	600	34.508,8	52%	179.446
GPS-Getreide Triticale	4,04	30	121,2	35%	94%	520	20.734,9	52%	107.821
Sudangras	4,04	44	177,8	27%	91%	520	22.711,3	55%	124.912
Ackergras	4,04	25,6	103,4	35%	88%	560	17.838,6	56%	99.896
Dauergrünland	0,00	21,9	0,0	35%	88%	560	0,0	54%	0
<b>Realisierbares Potential</b>							<b>95.793,6</b>		<b>512.076</b>

## Szenario 3: 7,5% der landwirtschaftlichen Nutzfläche in der Gemeinde Betzdorf

Im dritten Szenario wurde die Annahme getroffen, dass 7,5% der landwirtschaftlichen Nutzfläche zur Energieproduktion zur Verfügung stehen würde. Nach Abzug der bereits genutzten Fläche würden insgesamt 27,20 ha verbleiben (Tabelle 26).

Tabelle 26: Verfügbare landwirtschaftliche Nutzfläche zur Biogasproduktion laut Szenario 3

Flächennutzung	7,5% der Fläche [ha]	Benutzte Fläche [ha]	Verfügbare Fläche [ha]
Ackerland	68,48	45,02	23,46
Dauergrünland	66,08	62,33	3,75
<b>Gesamt</b>	<b>134,55</b>	<b>107,35</b>	<b>27,20</b>

Durch die Vergärung der angebauten Biomasse könnten jährlich 153.113 Nm<sup>3</sup> Biogas produziert werden. Das realisierbare Potential würde bei 814 MWh/a liegen (Tabelle 27).

Tabelle 27: Realisierbares Energiepotential im Bereich der landwirtschaftlichen Nutzflächen laut dem Szenario 3

	Fläche [ha]	Ertrag [t FM/a]	Erntemenge [t FM/ha]	TS-Gehalt [%]	oTS-Gehalt [%]	Spez. Biogasertrag [m <sup>3</sup> /t oTS]	Biogasmenge [Nm <sup>3</sup> /a]	CH <sub>4</sub> -Gehalt [%]	Energiegehalt [kWh]
Silomais	5,86	46,6	273,1	32,5	94	600	50.054,8	52	260.285
GPS-Getreide Triticale	5,86	30	175,8	35,0	94	520	30.075,9	52	156.395
Sudangras	5,86	44	257,8	27,0	91	520	32.942,7	55	181.185
Ackergras	5,86	25,6	150,0	35,0	88	560	25.874,8	56	144.899
Dauergrünland	3,75	21,9	82,1	35,0	88	560	14.164,9	54	76.490
<b>Realisierbares Potential</b>							<b>153.113,1</b>		<b>819.254</b>

### 3.1.4.3 Feste landwirtschaftliche Reststoffe

Im Bereich der festen landwirtschaftlichen Reststoffe wurde das Energiepotential des Getreidestrohs betrachtet. In der Gemeinde Betzdorf wurden im Jahr 2007 insgesamt 425 ha Getreide angebaut<sup>12</sup>. Der Strohertrag variiert je nach angebauter Getreideart. Laut Literaturangaben liegt der mittlere Strohertrag bei 6 t/ha. In der LUXRES-Studie wurde von einem mittleren Strohertrag von 5,5 t/ha ausgegangen. Es wurde ein konservativer Wert von 5 t/ha den Berechnungen zu Grunde gelegt (M. Weyland, ASTA, persönliche Mitteilung Mai 2013 an Herr Jérôme Fries). In der Gemeinde Betzdorf fallen jährlich rund 2.125 t Getreidestroh an. Das anfallende Stroh wird vorwiegend als Einstreu in der Viehhaltung und zur Ergänzung der Futterration in der Rinderhaltung verwendet. Durch die Ausbringung des Wirtschaftsdüngers auf die Felder gelangt die organische Materie wieder in den Boden und schließt den Nährstoffkreislauf. Eine Umleitung des Stoffstroms führt zu einer Verschlechterung der Humusbilanz. Dies könnte jedoch durch den Anbau einer Zwischenfrucht kompensiert werden.

Bei der Potentialermittlung wurde die anfallende Strohmenge um den Strohbedarf in der Viehhaltung reduziert. Der Einstreubedarf wurde über die Stallaufenthaltszeit, Aufstellungsart und den spezifischen täglichen Einstreubedarf abgeschätzt. Als spezifischer täglicher Einstreubedarf wurden Literaturwerte<sup>13</sup> verwendet. Die Abschätzung des Strohbedarfs für die Fütterung wurde über den Strohanteil in der Futterration und die Aufenthaltszeit im Stall ermittelt. Der spezifische Strohbedarf in der Fütterung variiert je nach landwirtschaftlichem Betrieb und hängt von der Futterrationzusammensetzung ab. Es wurden mittlere Werte für den spezifischen Strohbedarf für die Futterrationen angenommen (CONVIS, persönliche Mitteilung Mai 2013 an Herr Jérôme Fries). In der Gemeinde Betzdorf lag der jährliche Strohbedarf unter Berücksichtigung des Viehbestandes von 2007 bei rund 1.353,1 t (Tabelle 28).

<sup>12</sup> laut Statoc

<sup>13</sup> Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL) Faustzahlen für die Landwirtschaft,

Tabelle 28: Berechnung des Strohbedarfs für die Tierhaltung

Tierart	Stückzahl	Stallhaltung [%]	Anteil Mist [%]	Einstreu [kg/ Tier*d]	Futter [kg/ Tier*d]	Strohbedarf	
						[kg/d]	[t/a]
Mastschweine >30kg	919	100	10	2	-	138	50,3
Zuchtsauen	111	100	10	2	-	22	8,1
Ferkel 8 bis 30 kg	880	100	10	1	-	88	32,1
Milchkühe	655	80	20	5	1	786	286,9
Ammenkühe	179	50	80	6	1	483	176,4
Mastbullen (6 bis 24 Monate)	270	100	50	5	1	945	344,9
Rinder > 2 Jahre	221	50	25	5	1	249	90,7
Rinder 1-2 Jahre	418	50	25	3	1	345	125,9
Rinder <1 Jahr	665	80	80	2	-	638	233,0
Pferde	4	50	100	6	-	12	4,4
Hühner	21	50	100	0	-	1	0,4
<b>Gesamt</b>							<b>1.353,1</b>

Im Jahr stehen theoretisch 984,4 t Stroh zur energetischen Verwertung zu Verfügung. Dies würde ausgehend von einem Heizwert von 4,8 kWh/t einem Energieinhalt von 4.725 MWh/a entsprechen. Es ist anzumerken, dass sich die Anbaufläche für Getreide in der Gemeinde von Jahr zu Jahr ändert und dies Auswirkungen auf das Strohaufkommen hat. In Luxemburg herrscht laut den Aussagen der ASTA in manchen Wirtschaftsjahren ein Mangel an Stroh, viele Viehhalter importieren das Stroh aus benachbarten Ländern (M. Weyland, ASTA persönliche Mitteilung Mai 2013 an Herr Jérôme Fries). In dieser Potentialstudie wurde davon ausgegangen, dass das Stroh zur energetischen Verwertung nicht zu Verfügung steht.

### 3.1.5 Zusammenfassung: Energiepotential aus Biomasse in der Gemeinde

Das gesamte theoretische Energiepotential im Bereich Biomasse in der Gemeinde Betzdorf würde je nach Szenario für die landwirtschaftliche Nutzfläche zwischen 16.688 und 17.487 MWh/a liegen (Tabelle 29).

Das größte theoretische Energiepotential würde in der Nutzung von landwirtschaftlichen Biomassen stecken, es würde je nach Flächennutzungsszenario zwischen 9.646 und 10.445 MWh/a liegen. Dieser große Anteil ist auf das Potential aus dem Wirtschaftsdünger zurückzuführen. Der große Beitrag der landwirtschaftlichen Biomasse ist auf den ländlichen Charakter der Gemeinde Betzdorf zurückzuführen. Das hohe Energiepotential aus Wirtschaftsdünger erklärt sich durch den hohen Viehbestand von 2006 Großvieheinheiten.

Das theoretische Energiepotential aus biogenen Reststoffen würde bei 4.159 MWh/a liegen. Im Bereich der biogenen Reststoffe besteht ein großes Potential bei der energetischen Verwertung des Altbrottes aus der Großbäckerei. Altbrot zeichnet sich durch einen hohen Trockensubstanzgehalt und Biogasertrag aus.

Das theoretische Energiepotential aus forstwirtschaftlicher Biomasse würde 2.883 MWh/a des realisierbaren Gesamtpotentials ausmachen. Dieser vergleichsweise geringe Anteil ist auf den Hackschnitzelbedarf, des bereits bestehenden Holzhackschnitzelheizwerkes und dem jährlichen Brennholzverkauf zurückzuführen.

Tabelle 29: Theoretisches Energiepotential in der Gemeinde Betzdorf

Theoretisches Potential in kWh/a (Bruttoenergie)			
<b>Forstwirtschaftliche Biomasse</b>			
Waldholz		932.581	
Schlagabraum		1.950.917	
<i>Gesamt</i>		2.883.498	
<b>Biogene Reststoffe</b>			
Alt- und Restholz		487.102	
Landschaftspflegematerial		314.936	
Biomüll		119.785	
Reststoffe aus Industrie und Gewerbe		2.623.511	
Altspeiseöle und -fette		10.584	
Klärschlamm		603.098	
<i>Gesamt</i>		4.159.016	
<b>Landwirtschaftliche Biomasse</b>			
Landwirtschaftliche Nutzfläche	5,0%	6,7%	7,5%
	20.139	512.076	819.254
Wirtschaftsdünger		4.900.465	
Stroh		4.725.120	
<i>Gesamt</i>	9.645.724	10.137.661	10.444.839
<b>Realisierbares Gesamtpotential</b>	<b>16.688.238</b>	<b>17.180.175</b>	<b>17.487.353</b>

Das gesamte theoretische Energiepotential im Bereich Biomasse lässt sich jedoch nicht komplett realisieren. Das realisierbare Energiepotential in der Gemeinde in Betzdorf würde je nach Szenario für die landwirtschaftliche Nutzfläche zwischen 9.968 und 10.762 MWh/a liegen (Tabelle 30).

Das realisierbare Energiepotential von landwirtschaftlichen Biomassen, liegt je nach Flächennutzungsszenario, zwischen 4.921 und 5.715 MWh/a. An dieser Stelle ist das theoretische Energiepotential von Stroh nicht mehr berücksichtigt.

Das realisierbare Energiepotential aus biogenen Reststoffen ist fast identisch wie im theoretischen Energiepotential und würde 4.115 MWh/a betragen. Im Bereich der biogenen Reststoffe wurde das Potential bei der energetischen Verwertung des Landschaftspflegematerials nach unten angepasst.

Beim realisierbaren Energiepotential aus forstwirtschaftlicher Biomasse bleibt der Schlagabraum unberücksichtigt und das Potential würde nur noch 933 MWh/a betragen.



Tabelle 30: Realisierbares Energiepotential in der Gemeinde Betzdorf

Realisierbares Potential in kWh/a (Bruttoenergie)			
<b>Forstwirtschaftliche Biomasse</b>			
Waldholz		932.581	
Schlagabraum		-	
<i>Gesamt</i>		<i>932.581</i>	
<b>Biogene Reststoffe</b>			
Alt- und Restholz		487.102	
Landschaftspflegematerial		270.819	
Biomüll		119.785	
Reststoffe aus Industrie und Gewerbe		2.623.511	
Altspeiseöle und -fette		10.584	
Klärschlamm		603.098	
<i>Gesamt</i>		<i>4.114.899</i>	
<b>Landwirtschaftliche Biomasse</b>			
Landwirtschaftliche Nutzfläche	5,0%	6,7%	7,5%
	20.139	508.508	814.079
Wirtschaftsdünger		4.900.465	
Stroh		-	
<i>Gesamt</i>	<i>4.920.604</i>	<i>5.408.973</i>	<i>5.714.544</i>
<b>Realisierbares Gesamtpotential</b>	<b>9.968.085</b>	<b>10.456.453</b>	<b>10.762.024</b>

### 3.1.6 Realisierbare Wärme- und Stromproduktion in der Gemeinde Betzdorf

Um die realisierbare Wärme- und Stromproduktion zu ermitteln, wurde die Biomasse mittels bewährten Konversionstechniken in Endenergie umgewandelt. Es wurde angenommen, dass die holzartigen Biomassen in einer Holzhackschnitzelanlage verfeuert werden. Hackschnitzelanlagen werden seit längerem im landwirtschaftlichen und kommunalen sowie im gewerblichen und industriellen Bereich angewendet. Sie werden in einem breiten Leistungsspektrum von 10 kW<sub>th</sub> bis im zweistelligen Megawatt-Bereich angeboten und kennzeichnen sich durch eine automatische Beschickung und hohe Wirkungsgrade im Vollast- und Teillastbereich von 90 bis 93% aus. Für den Hackschnitzelkessel wurde von einem konservativen thermischen Wirkungsgrad von 90% ausgegangen.

In dieser Arbeit wurde die Stromerzeugung aus Hackschnitzel mittels Dampfmotor, Dampfturbine oder ORC-Turbine nicht in Betracht gezogen, da diese für größere Biomasse- Kraftwerke und Heizkraftwerke geeignet sind. Es sind auch kleinere Anlagen mit einer elektrischen Leistung von einigen hundert Kilowatt verfügbar, jedoch benötigen diese bei elektrischen Wirkungsgraden von 8 bis 20% große Feuerungswärmeleistungen. Außerdem erfordern diese Anlagen in Bezug auf die Wirtschaftlichkeit hohe Jahresbenutzungsstunden, die meist nur in industriellen und gewerblichen Betrieben oder in einem Wärmenetz mit hohen Wärmeabsatz gewährleistet sind.

Es besteht auch die Möglichkeit Holzhackschnitzel zu vergasen. Lange Zeit galten Vergaser-BHKW-Anlagen für Holzhackschnitzelanlagen mit technischen und wirtschaftlichen Risiken behaftet. In der letzten Zeit zeichnen sich bei einigen Herstellern Entwicklungserfolge ab. Die Entwicklung

konzentriert sich aktuell auf elektrische Leistungen von unter 200 kW<sub>el</sub>, jedoch ist die Entwicklung noch von Unsicherheiten geprägt. Die Einzelanlagen, die oft mit technischen Besonderheiten konzipiert wurden, müssen sich noch im Dauerbetrieb bewähren. Für die Anlagen, die bereits in Serie produziert werden, kann auch noch kein mehrjähriger Dauerbetrieb nachgewiesen werden. Aus diesen Gründen, wird die Vergasung von Holzhackschnitzeln nicht als Konversionstechnik für die Biomasse in der Gemeinde Betzdorf betrachtet.

Für die vergärbaren Biomassen wurde eine Verstromung des produzierten Biogases in einem Blockheizkraftwerk vorgesehen. Der elektrische Wirkungsgrad eines Blockheizkraftwerkes liegt zwischen 33 und 45%. Für den thermischen Wirkungsgrad werden Werte zwischen 35 und 56% angegeben. Es wurden ein mittlerer elektrischer Wirkungsgrad von 39% und ein mittlerer thermischer Wirkungsgrad von 45% den Berechnungen zu Grunde gelegt. Um die Nettowärmeproduktion der Biogasanlage zu ermitteln, wurde der Eigenwärmebedarf der Biogasanlage berücksichtigt. Der Eigenwärmebedarf von Biogasanlagen kann zwischen 5 bis 30% der Bruttowärmeproduktion liegen. Es wurde von einem durchschnittlichen Wert von 15% der produzierten Bruttowärme ausgegangen.

Die Aufbereitung von Biogas auf Erdgasniveau und die Einspeisung in das Erdgasnetz wurden aus wirtschaftlichen Gründen nicht in Betracht gezogen. Die realisierbare Biogasproduktion würde je nach Szenario bei maximal 113 Nm<sup>3</sup>/h liegen. Eine Aufbereitung würde sich erst ab 500 Nm<sup>3</sup>/h Biogas wirtschaftlich lohnen.

Durch Verbrennung der in der Gemeinde Betzdorf anfallenden Biomassen könnten unter den festgelegten Randbedingungen 1.477 MWh/a thermische Energie erzeugt werden, die beispielsweise in ein Nahwärmenetz eingespeist werden könnten (Tabelle 31).

Tabelle 31: Realisierbare Wärmeproduktion durch die thermische Verwertung der holzartigen Biomasse in einem Holzhackschnitzelkessel

	Energiepotential (kWh/a)	Wärmeproduktion [kWhth/a]
Waldholz	932.581	839.323
Schlagabraum	-	-
Alt- und Restholz	487.102	438.391
Holzartiges Landschaftspflegematerial	220.714	198.643
Stroh	-	-
<b>Gesamtpotential</b>	<b>1.640.397</b>	<b>1.476.358</b>

Durch die Verstromung des Biogases in einem Blockheizkraftwerk, könnten jährlich in Abhängigkeit des Flächennutzungsszenarios zwischen 3.248 und 3.557 MWh Strom produziert werden. Die jährliche Nettowärmeproduktion nach Abzug der Prozessenergie würde zwischen 3.185 und 3.489 MWh variieren (Tabelle 32).

Tabelle 32: Realisierbare Strom- und Wärmeproduktion durch die energetische Verwertung des Biogases in einem Blockheizkraftwerk

	Energiepotential (brutto) [kWh/a]	Stromproduktion [kWh <sub>el</sub> /a]	Nettowärmeproduktion [kWh <sub>th</sub> /a]
Wirtschaftsdünger	4.900.465	1.911.181	1.874.428
Biomüll	119.785	46.716	45.818
Halmgutartiges Landschaftspflegematerial	50.105	19.541	19.165
Reststoffe aus Industrie und Gewerbe	2.623.511	1.023.169	1.003.493
Altspeiseöle und -fette	10.584	4.128	4.048
Klärschlamm	603.098	235.208	230.685
Landwirtschaftliche Fläche 5,0%	20.139	7.854	7.703
<b>Realisbares Potential Szenario 1</b>	<b>8.327.687</b>	<b>3.247.798</b>	<b>3.185.340</b>
Landwirtschaftliche Fläche 6,7%	512.076	199.709	195.869
<b>Realisbares Potential Szenario 2</b>	<b>8.819.624</b>	<b>3.439.653</b>	<b>3.373.506</b>
Landwirtschaftliche Fläche 7,5%	819.254	319.509	313.365
<b>Realisbares Potential Szenario 3</b>	<b>9.126.802</b>	<b>3.559.453</b>	<b>3.491.002</b>

Die jährliche Laufzeit eines Blockheizkraftwerkes liegt zwischen 7.900 und 8.200 Vollaststunden. Unter Berücksichtigung der Stromproduktion und einer mittleren Laufzeit von 8.050 Vollaststunden und in Abhängigkeit des Flächennutzungsszenarios, hätte das BHKW eine elektrische Leistung zwischen 403 und 442 kW<sub>el</sub>.

In der Gemeinde Betzdorf könnten durch die Mobilisierung der verfügbaren Biomassepotentiale jährlich insgesamt zwischen 4.662 und 4.965 MWh thermische Energie produziert werden. Der Anteil der holzartigen Biomassen an der Wärmebereitstellung würde zwischen 29,7 und 31,7% variieren. Eine jährliche Stromproduktion zwischen 3.248 und 3.557 MWh wäre unter den festgelegten Randbedingungen in der Kommune realisierbar (Tabelle 33).

Tabelle 33: Gesamte realisierbare Wärme- und Stromproduktion durch die Aktivierung des Biomassepotentials

	Wärmeproduktion [kWh <sub>th</sub> /a]	Stromproduktion [kWh <sub>el</sub> /a]
Verbrennung in Biomassekessel	1.476.358	-
Verbrennung Biogas in BHKW Szenario 5,0%	3.185.340	3.247.798
<b>Realisbares Potential Szenario 5,0%</b>	<b>4.661.698</b>	<b>3.247.798</b>
Verbrennung Biogas in BHKW Szenario 6,7%	3.373.506	3.439.653
<b>Realisbares Potential Szenario 6,7%</b>	<b>4.849.864</b>	<b>3.439.653</b>
Verbrennung Biogas in BHKW Szenario 7,5%	3.491.002	3.559.453
<b>Realisbares Potential Szenario 7,5</b>	<b>4.967.359</b>	<b>3.559.453</b>

### **3.1.7 Rechtliche Aspekte der Biomassenutzung**

#### **3.1.7.1 Investitionsbeihilfen**

##### ***Beihilfen Landwirtschaftsministerium***

Das *Loi du 18 avril 2008 concernant le renouvellement du soutien au développement rural*, besser bekannt unter Agrargesetz, sah Investitionsbeihilfen für landwirtschaftliche Betriebe vor. Das Gesetz ist jedoch ausgelaufen.

In ersten Überlegungen für das neuen Agrargesetzes, soll jedoch nur die sogenannten Inselbiogasanlagen, die die erzeugte Wärme auf dem landwirtschaftlichem Betrieb verwerten, in Zukunft finanzielle unterstützt werden.

#### **3.1.7.2 Beihilfen Ministerium für nachhaltige Entwicklung und Infrastrukturen**

##### ***Öffentliche Instanzen***

Gemeinden und Gemeindesyndikate, die in Bioenergieprojekte investieren, können folgende Beihilfen erlangen:

Eine Energiezentrale zur Wärme- und Stromerzeugung aus Biomasse sowie eine Heizzentrale zur reinen Wärmeerzeugung aus Biomasse werden im Rahmen des *Loi du 31 mai 1999 portant institution d'un fonds pour la protection de l'environnement* mit einer finanziellen Beihilfe von 33% der Investitionskosten gefördert. Förderfähig sind folgende Anlagen:

- Holzhackschnitzelfeuerung und Holzhackschnitzellagerung,
- Biogasanlagen (ohne Verarbeitung von Biomüll)
- Holzpelletsfeuerung,
- Holzvergasungsanlage,
- sonstige Wärmekraftkopplung.

Biogasanlagen die ausschließlich regionalen Biomüll verwerten, werden zu 66% unterstützt.

Ein Wärmenetz wird mit einer finanziellen Beihilfe von

- 20% der Investitionskosten im Falle einer klassischen Wärmeerzeugung (auf Basis fossiler Energieträger)
- 33% der Investitionskosten im Falle einer erneuerbaren Wärmeerzeugung

gefördert.

Grabenarbeiten sind nicht zuschussfähig.

## **Privatpersonen**

Zur Durchführung von Investitionsprojekten, die die rationelle Energienutzung und die Erschließung erneuerbarer Energiequellen zum Ziel haben, gewährt das Ministerium für nachhaltige Entwicklung und Infrastrukturen, Privatpersonen und Vereinigungen ohne Gewinnerzielungsabsicht eine finanzielle Unterstützung. Durch diese Regelung finanzieller Beihilfen des Staates werden Energiesparmaßnahmen sowie die Erschließung erneuerbarer Energien gefördert.

Demzufolge gewährt der Staat auch eine finanzielle Beihilfe, bei einem Anschluss an ein Wärmenetz bei dem 75 % der Versorgung aus erneuerbaren Energien stammt. Folgende Beihilfen sind zu erwarten:

Anschluss an ein Wärmenetz eines Einfamilienhaus: 50 Euro/kW bei

- max. 20 kW für ein bereits bestehendes Einfamilienhaus
- max. 25 kW bei einem neuen Einfamilienhaus

Anschluss an ein Wärmenetz eines Mehrfamilienhaus: 15 Euro/kW

- max. 12 kW für eine bereits bestehende Einzelwohnung
- max. 25 kW für eine neue Einzelwohnung

### **3.1.7.3 Beihilfen Ministerium für Wirtschaft und Außenhandel**

Industrieunternehmen, die Investitionen in Ökotechnologien oder umweltfreundliche Verfahren tätigen, können von einer besonderen Beihilferegulierung Gebrauch machen. Die Beihilfen werden in Form von Kapitalzuschüssen oder als Zinsvergünstigung gewährt. Im Rahmen des *Loi relative a un régime d'aides à la protection de l'environnement et à l'utilisation rationnelle des ressources naturelles du 18 février 2010* werden die Anforderungen geregelt.

Diese Beihilfen sind für alle Unternehmen und natürlichen Personen gedacht, die eine Niederlassungsgenehmigung besitzen und eine industrielle Tätigkeit in Luxemburg ausüben, sei es als Haupt- oder Nebenerwerbstätigkeit.

Unternehmen aus der Primärproduktion, der Verarbeitung und Vermarktung landwirtschaftlicher Produkte fallen nicht in den Anwendungsbereich der staatlichen Beihilfen und müssen eine gesonderte Handelsgesellschaft gründen, damit sie vom Ministerium für Wirtschaft und Außenhandel als förderungsfähig eingestuft werden können.

Die Beihilferegulierung sieht 6 Investitionsformen vor, die von einer staatlichen Beihilfe profitieren können:

- Investitionen, die es den Unternehmen ermöglichen, die Gemeinschaftsnormen zu übertreffen oder das Umweltschutzniveau zu erhöhen, falls solche Normen fehlen;
- Vorzeitige Anpassung kleiner und mittlerer Unternehmen an künftige Gemeinschaftsnormen;
- Investitionen in Energiesparmaßnahmen (z.B. Sanierung der Wärmedämmung bestehender beheizter Gebäude des Industriesektors; Energietechnische Verbesserung industrieller Verfahren);
- Investitionen in Hochleistungs-Kraft-Wärme-Kopplung auf der Grundlage erneuerbarer Energien (z.B. Biogasanlagen);
- Investitionen in Erzeugung von Energie aus erneuerbaren Energie (z.B. Biomasseheizung; Wärmepumpen Solarheizanlage Windkraftanlagen und Windparks);
- Umweltstudien.

Wärmenetze werden in der aktuellen Beihilferegelung nicht unterstützt. Die aktuelle Gesetzeslage wird jedoch im Laufe des Jahres 2014 überarbeitet und Wärmenetze sollen eventuell auch in Zukunft Anspruch besitzen auf eine finanzielle Beihilfe durch das genannte Ministerium. Die Höhe der Beihilfe ist jedoch noch nicht bekannt. Das neue Reglement soll voraussichtlich am 01.01.2015 in Kraft treten.

### 3.2 Wasserkraft

Das Wasserkraftpotential wird in Luxemburg bereits zum Großteil ausgeschöpft. Die installierte Leistung der Wasserkraftanlagen lag in 2012 bei 34,3 MW. Die Anlagen produzieren jährlich 85,2 GWh Strom. Der Hauptteil der Stromproduktion konzentriert sich auf die Wasserkraftanlagen an den Flüssen Mosel, Sauer und Our. Die Klein- und Kleinstwasserkraftwerke sind nur zu einem geringen Bruchteil an der Stromproduktion beteiligt. Im kleinen Leistungsbereich bestehen jedoch noch Ausbaumöglichkeiten in der Reaktivierung und Modernisierung von bestehenden Standorten, beispielsweise alter Mühlen. In Luxemburg steht noch ein beachtlicher Teil der ehemaligen Mühlen. Anfang des 20. Jahrhunderts stellten viele Mühlen ihren Betrieb auf die Erzeugung von Strom um. Sie versorgten ganze Ortschaften dezentral mit Strom. Durch die Anschließung der Ortschaften an das Stromnetz, wurde der Betrieb vieler Wasserkraftwerke eingestellt. In Luxemburg gibt es heute noch rund 50 Standorte an denen Wasserkraft zur Stromproduktion genutzt wird. Bei den Kleinanlagen handelt es sich meistens um Niederdruckanlagen, die als Ausleitungskraftwerke ausgeführt sind. Das gestaute Wasser wird über einen Zuleitungskanal zur Turbine gebracht und durch einen Aussenkanal wieder in den Fluss zurückgeleitet.

In der Gemeinde Betzdorf fließt die Syr, die in Syren entspringt und in Mertert in die Mosel mündet. In den Nachbargemeinden entlang der Syr gibt es bereits einige Flusswasserkraftwerke, die für die Stromproduktion genutzt werden. Es handelt sich um die Standorte *Fausermiller*, *Fielsmiller* und *Steckenmiller*. Es handelt sich um Kleinstanlagen im Leistungsbereich von 40 kW. Bei den Klein- und Kleinstwasseranlagen mit relativ geringer Fallhöhe und geringem Durchfluss kommen hauptsächlich Francis- und Durchströmturbinen sowie Wasserräder zum Einsatz. Auf der *Fausermiller* in Mertert ist eine Durchströmturbine mit einer elektrischen Leistung von 40 kW installiert. Durchströmturbinen sind gegenüber von vergleichbaren Francisturbinen preisgünstiger und haben einen Wirkungsgrad, der es erlaubt auch bei geringer Wasserführung noch wirtschaftlich zu arbeiten.

In Betzdorf liegt eine ehemalige Mühle, die sich für die Stromerzeugung aus Wasserkraft eignen könnte (Abbildung 14).



Abbildung 14: Mühle in Betzdorf

Die Mühle ist in Privatbesitz. Eine Besichtigung, um sich einen Überblick über den Zustand der Infrastrukturen zu verschaffen, war nicht möglich. Das Potential wird als gering eingeschätzt. Des Weiteren ist die Genehmigung von solchen Wasserkraftanlagen recht schwierig. Die Errichtung und der Betrieb von Kleinwasserkraftwerken werden durch verschärfte wasserschutzrechtliche Rahmenbedingungen erschwert. Die in der europäischen Wasserrahmen-richtlinie vorgeschriebenen Restwassermengen und zusätzlichen baulichen Einrichtungen, die die Durchgängigkeit gewährleisten, wirken sich besonders auf die Wirtschaftlichkeit kleiner Anlagen aus. Die verschärften Auflagen treiben die Investitionskosten für Kleinstwasseranlagen in die Höhe, was zu sehr langen Amortisationszeiten führt, welche die Finanzierung erschweren oder unmöglich machen.



### 3.3 Windkraft

#### 3.3.1 Windverhältnisse in der Gemeinde

Für die Nutzung von Windenergie eignen sich insbesondere hoch gelegene Standorte mit guten Windverhältnissen. Die *Agence de l'énergie* hat einen Windatlas für Luxemburg erstellen lassen, welche die Standortwahl erleichtern soll. Die mittleren Jahresgeschwindigkeiten in 30 m Höhe sind für jedes Gebiet in Luxemburg ersichtlich. Bei der Erstellung des Windatlas wurden ausschließlich windtechnische Aspekte berücksichtigt. Die Abbildung 15 zeigt einen Auszug aus dem Windatlas von Luxemburg für das Gemeindegebiet von Betzdorf. Der westliche Teil des Gemeindeterritoriums kennzeichnet sich durch mittlere Windgeschwindigkeiten von 4,81 bis 5,0 m/s aus. Im Osten liegen die mittleren Jahreswindgeschwindigkeiten zwischen 5,01 und 5,2 m/s. In Berg, im *Bierger Grousebesch* und auf dem *Widdebiorg* wurden sogar mittlere jährliche Windgeschwindigkeiten von 5,21 bis 5,6 m/s in 30 m Höhe gemessen.

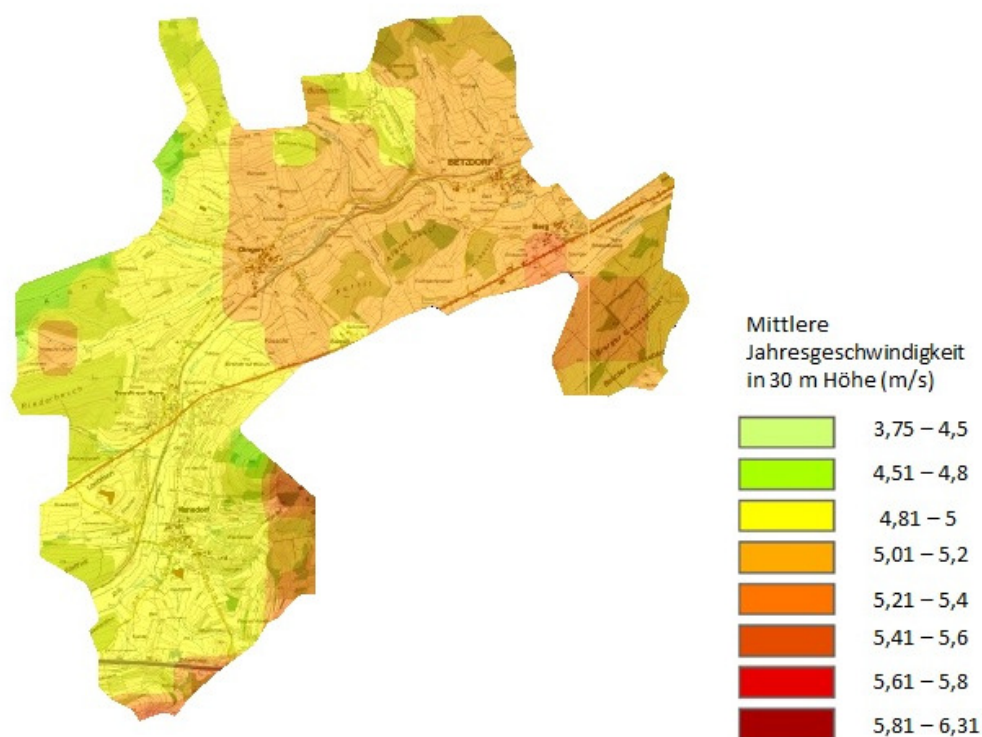


Abbildung 15: Karte der mittleren Jahresgeschwindigkeiten des Windes in 30m Höhe für das Gemeindegebiet (Agence de l'énergie, o.J.)

Die Standortwahl von Windkraftanlagen wird unter anderem von Vorschriften in Bezug auf den Schalldruckpegel und die Schattenwurfdauer sowie auf den Impact auf die Umwelt und Flugverkehr eingeschränkt.

### 3.3.2 Impact auf die Umwelt

Der Impact von Windkraftanlagen auf die Umwelt wird in einem naturschutzrechtlichen Genehmigungsverfahren untersucht. Es werden nicht nur die Anlagen selbst sondern auch Zufahrtswege und der Anschluss an das Stromnetz geprüft. Die Auswirkungen auf die Vögel und Fledermäuse, auf Naturschutzgebiete und das Landschaftsbild spielen bei dem Genehmigungsverfahren eine wichtige Rolle.

#### 3.3.2.1 Vögel und Fledermäuse

Wissenschaftliche Untersuchungen haben ergeben, dass Windkraftanlagen zu Lebensraumverlusten und zur Aufgabe von Brutrevieren von verschiedenen Vogelarten sowie zum Totschlag und Verletzungen bei Fledermäusen führen kann. Um Windkraftanlagenbetreiber kostenintensive Planungen und Umweltverträglichkeitsprüfungen an aus Sicht des Naturschutzes ungünstigen Standorten zu ersparen, wurden von der luxemburgischen Natur- und Vogelschutzliga Karten mit Abstandempfehlungen erstellt. Auf Basis von Kriterien wurden Ausschlussbereiche und Prüfbereiche für die Errichtung von Windkraftanlagen ausgewiesen. Diese ausgewiesenen Zonen sind nicht rechtsbindend, es handelt sich um Empfehlungen, die jedoch bei der Prüfung des Antrages bei der Umweltverwaltung berücksichtigt werden.

Um sich einen Überblick über die Situation in der Gemeinde Betzdorf zu verschaffen, wurden die Karten mit den Empfehlungen der Natur- und Vogelschutzliga über eine topographische Karte des Gemeindegebietes gelegt. Die Abbildung 16 zeigt die Ausschlussbereiche und Prüfbereiche für die Errichtung von Windkraftanlagen betreffend den Schutz der Vögel in die Gemeinde Betzdorf. Es ist auf der Karte ersichtlich, dass das gesamte Gemeindegebiet in dem Prüfbereich liegt, bei dem zu untersuchen ist, ob die entsprechenden Lebensräume von den betroffenen Vogelarten genutzt werden. Um die Ortschaften Betzdorf, Roodt-Syre und Mensdorf befinden sich Ausschlussbereiche, in denen Windkraftanlagen relevante Vogelarten vorkommen. Um genauere Aussagen über die Ausschlussbereiche betreffend den Vogelschutz zu erhalten, wurden die in der Studie von 2002 festgehaltenen Standorte mit Vertretern der *Centrale ornithologique* diskutiert. Sie haben diese Standorte als kritisch angesehen. In diesem Gebiet kommt der Rotmilan, *Milvus milvus* und der Schwarzstorch, *Ciconia nigra* vor, die laut *Règlement grand-ducal du 9 janvier 2009 concernant la protection intégrale et partielle de certaines espèces animales de la faune sauvage* geschützt sind und die laut der *Loi modifiée du 19 janvier 2004 concernant la protection de la nature et des ressources naturelles* weder gestört, getötet, verfolgt, gefangen, in Gefangenschaft gehalten, noch ausgestopft werden dürfen und dies unabhängig von der Phase der Entwicklung. Ebenfalls verboten sind die

vorsätzliche Zerstörung, das Sammeln von Eiern aus freier Wildbahn, sowie die Beschädigung oder die Zerstörung von Nestern, Fortpflanzungs- oder Ruhestätten.

Rotmilane sind aufgrund ihrer artspezifischen Jagdmethode besonders anfällig für Kollisionen mit den Rotoren der Windkraftanlagen (Biever, 2013). Die Population an Rotmilanen ist relativ hoch in der Gemeinde Betzdorf und den umliegenden Gemeinden aufgrund der unmittelbaren Nähe zur Mülldeponie. Sie stellt eine attraktive Nahrungsquelle für die Rotmilane dar. Neben dem Rotmilan wurden auch Schwarzstörche beobachtet, die durch die Errichtung von Windkraftanlagen in ihrem Brutverhalten beeinträchtigt und verschreckt werden.



Abbildung 16: Abstandsempfehlungen betreffend den Vogelschutz für Windkraftanlagenstandorte in dem Gemeindegebiet (Lëtzebuurger Natur- an Vulleschützliga, o.J. b, überarbeitet)

In der Abbildung 17 werden die Ausschlussbereiche und Prüfbereiche für Windkraftanlagen betreffend den Schutz der Fledermäuse dargestellt. In dem Gemeindegebiet wurden keine Ausschlussbereiche für Windkraftanlagen vermerkt.

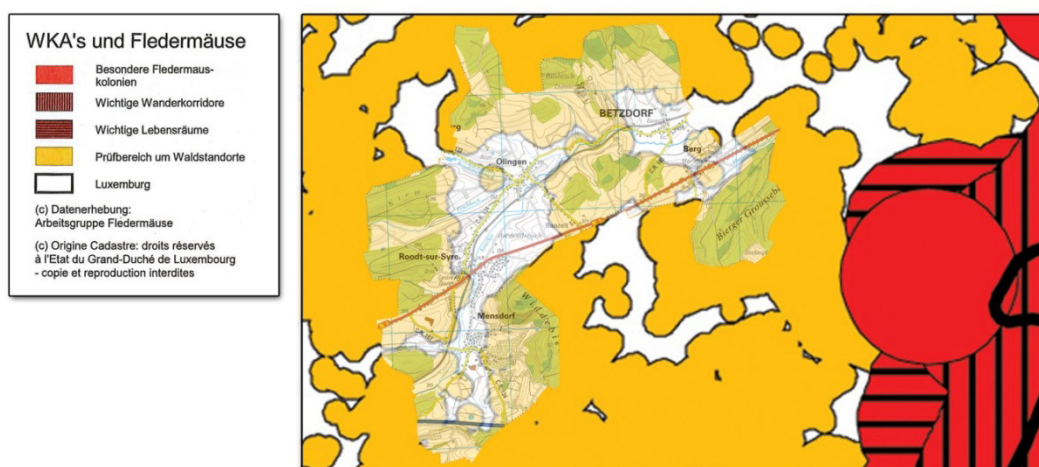


Abbildung 17: Abstandsempfehlungen betreffend den Fledermausschutz für Windkraftanlagenstandorte für das Gemeindegebiet (Lëtzebuurger Natur- an Vulleschützliga, o.J. a, überarbeitet)

### 3.3.2.2 Naturschutzgebiete

Neben dem Schutz der Vögel und Fledermäuse spielen die Natura 2000-Schutzgebiete und andere ausgewiesene Schutzgebiete eine Rolle. In der Gemeinde Betzdorf gibt es keine Natura 2000-Schutzzonen. Über Roodt-sur-Syre und Mensdorf erstreckt sich jedoch FFH-Schutzgebiet (Flora-Fauna-Habitat), wo die Errichtung von Windkraftanlagen eingeschränkt wird (Abbildung 18).

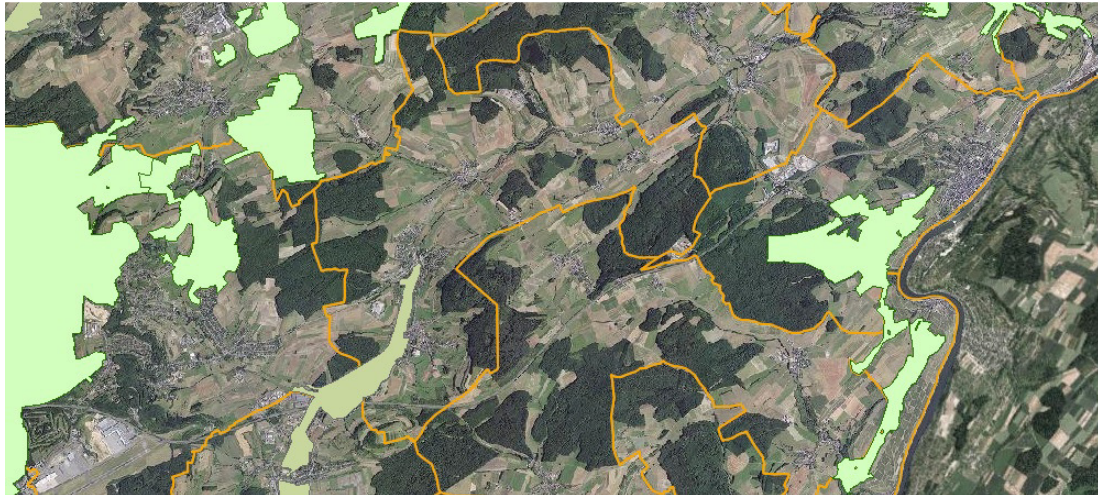


Abbildung 18: Natura 2000- und andere Schutzgebiete in der Gemeinde und Umgebung (Administration du Cadastre et de la Topographie, 2013)

### 3.3.2.3 Landschaftsbild

Windkraftanlagen können eine Veränderung des Landschaftsbildes bewirken. Durch die zunehmende Größe der Anlagen hat die Beeinflussung des Landschaftsbildes durch Windkraftanlagen in den letzten Jahren an Bedeutung gewonnen. Durch eine entsprechende Farbgebung, die Bauform des Turms sowie die Anzahl der Rotorblätter und deren Drehzahl kann jedoch die subjektiv von den Menschen empfundene Beeinträchtigung des Landschaftsbildes beeinflusst werden.

## 3.3.3 Schallemissionen und Schattenwurf

Windkraftanlagen sind Schallquellen. Der Schall entsteht vorrangig durch aerodynamische Geräusche an den Rotorblättern und durch eine Schallabstrahlung von Getriebe und Generator. Durch eine Optimierung der Form der Rotorblätter und der Rotorblattspitze und anderen Maßnahmen konnten im Verlauf des letzten Jahrzehnts Geräuschemissionen erheblich reduziert werden. Um eine Genehmigung zum Bau einer Windkraftanlage oder eines Windparks zu erhalten ist die Einhaltung der vorgeschriebenen Grenzwerte durch ein entsprechendes Gutachten nachzuweisen. Laut der *Loi du 10 juin 1999 relative aux Etablissements classés* darf der Schalldruckpegel bei einer Windgeschwindigkeit von 6 m/s nicht über 35 dB bei dem Empfängerpunkt liegen. Um diesen



Grenzwert einzuhalten, müssen die Windkraftanlagen in einem Abstand von mehreren hundert Metern von Siedlungen errichtet werden.

Neben den Schallemissionen, geht bei Sonnenschein von den Rotorblättern ein Schattenwurf aus (Abbildung 19). Der Schattenwurf kann bei Anwohnern zu Belästigungen führen. Er ist abhängig von den Witterungsverhältnissen, dem Sonnenstand und der Größe und dem Betrieb der Anlage. Beispielsweise beträgt bei einer 1.500 kW Anlage die maximale Schattenwurfreichweite 700 m. Wenn die Schattenwurfdauer von 30 Stunden pro Jahr oder 30 Minuten pro Tag an einem Empfängerpunkt überschritten wird, muss der Projektträger Maßnahmen vorschlagen um Nachteile vorzubeugen oder abzuwenden.



Abbildung 19: Schattenwurf einer Windkraftanlage

### 3.3.4 Flugverkehr und Radar

Die Maximalhöhe von Hindernissen um den Flughafen Luxemburg ist definiert im Kapitel 6 des *Règlement grand-ducal du 17 mai 2006* und im Kapitel 4 *Vol. 1 à la Convention relative à l'aviation civile internationale transmis en droit national par le Règlement grand-ducal du 12 mai 2012*. Es sind verschiedene Hindernisbegrenzungsflächen definiert, die von Hindernissen, wie Windkraftanlagen nicht durchbrochen werden dürfen. Diese Flächen beginnen ab einer Höhe von 415 m ü. NN und erstrecken sich bis zu einer Höhe von 515 m ü. NN. Das Gemeindegebiet liegt durch die unmittelbare Nähe zum Flughafen in der Zone mit Einschränkungen was die Hindernishöhe betrifft. Die maximale zulässige Höhe für Hindernisse steigt ab 4 km von der Landebahn von 415 m Kegelförmig mit einer Steigung von 5° bis auf 515 m an. Alle Punkte, die in einer Distanz ab 5-6 km von der Landebahn entfernt liegen, haben eine Höhenbegrenzung von 515 m.

Neben den Höhenbegrenzungsflächen, spielt die Auswirkung der Windkraftanlagen auf das Radar eine Rolle bei der Planung von Windkraftanlagen. Windkraftanlagen können Radaranlagen durch Verdeckungseffekte stören und durch Reflexionen zu Fehlechos führen. Für jedes Windkraftprojekt,

wo der Standort zwischen 6 und 16 km von einer Radaranlage entfernt ist muss eine Impaktstudie auf die Radaranlage des Luxemburger Flughafens durchgeführt werden. Diese Studie muss nach den Richtlinien von EUROCONTROL durchgeführt werden. Die Gemeinde Betzdorf befindet sich in einer solchen Zone. Man kann keine allgemein gültige Aussage über das Gemeindegebiet machen, jedes Windkraftprojekt muss einzeln untersucht werden (Anhang 5).

### 3.3.5 Standorte für die Nutzung von Windenergie

#### 3.3.5.1 Standorte aus der Studie von 2002

In der Studie von 2002 wurden 3 mögliche Standorte für Windenergieanlagen auf dem Gemeindeterritorium identifiziert. Es handelt sich um den Standort *Afelterboesch*, einem Standort zwischen Betzdorf und *Roosboesch* und einem Standort nahe der Hofstätte eines Landwirts in Betzdorf (Abbildung 20). Die genaue Position der Standorte ging aus der Studie nicht hervor. Die Standorte wurden als eher mittelmäßig bis schlecht eingestuft.



Abbildung 20: Potentielle Standorte für die Nutzung von Windenergie aus der Studie von 2002 (Administration du Cadastre et de la Topographie, 2013, verändert)

Die in der Studie identifizierten Standorte liegen in unmittelbarer Nähe von besiedeltem Gebieten. Es ist sehr wahrscheinlich, dass die gesetzlichen vorgeschriebenen Grenzwerte für die Schallemissionen und für die Schattenwurfdauer überschritten werden.

Zudem liegen die ausgewählten Standorte in einem von der Luxemburger- Natur- und Vogeschutzliga ausgewiesenen Ausschlussbereich für die Errichtung von Windkraftanlagen. Um genauere Aussagen in Bezug auf den Vogelschutz zu bekommen, wurde die Machbarkeit von Windkraftanlagen an diesen Standorten mit Vertretern der *Centrale ornithologique* diskutiert. Die Standorte wurden aus Sicht des Vogelschutzes als kritisch angesehen. In diesem Gebiet kommen Rotmilane und Schwarzstörche vor. Weitere wichtige Faktoren, die bei der Planung von Windkraftanlagen eine Rolle spielen wurden für

diese Standorte nicht mehr weiter untersucht. Die Errichtung von Windkraftanlagen ist an diesen Standorten nicht genehmigungsfähig.

### 3.3.5.2 Potentielle Standorte Hollescht und Därchen

Aufgrund der drei ungeeigneten Standorte wurden weitere mögliche Standorte untersucht. Als mögliche Standorte für die Nutzung von Windenergie wurden der Standort *Hollescht* und *Därchen* identifiziert (Abbildung 21). Der Standort *Hollescht* liegt auf einer Höhe von 285-290 m ü. NN. Die mittleren Jahresgeschwindigkeiten in 30 m Höhe liegen, laut dem Windatlas, zwischen 5,01 und 5,2 m/s. Auf dem Standort *Därchen* werden die gleichen mittleren Jahresgeschwindigkeiten verzeichnet. Er liegt in 270-275 m ü. NN. Diese Standorte würden sich aufgrund der topographischen Lage und der Windgeschwindigkeiten für die Errichtung von Windkraftanlagen eignen.

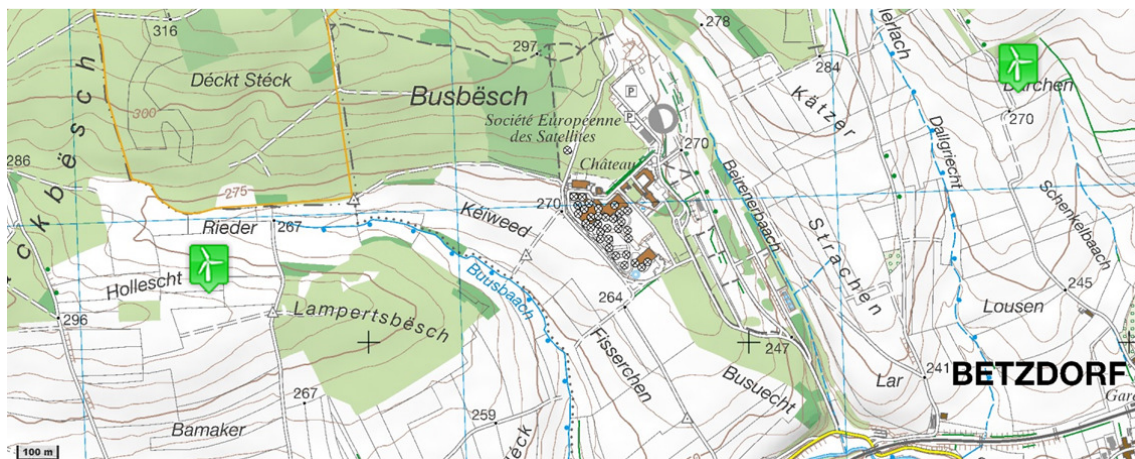
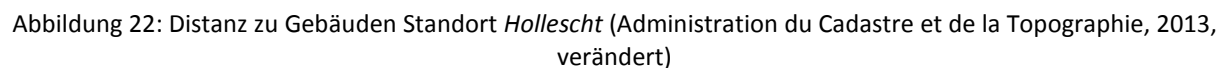


Abbildung 21: Potentielle Standorte für die Nutzung von Windenergie *Hollescht* und *Därchen* (Administration du Cadastre et de la Topographie, 2013, verändert)

Um die Grenzwerte für die Schattenwurfdauer und Schallemissionen einzuhalten, müssen die Windkraftanlagen einen Abstand von mehreren hundert Meter zu besiedeltem Gebiet einhalten. Es wurde von einem Kennwert von 700 m ausgegangen. In der Abbildung 22 sieht man, dass es bei dem Standort *Hollescht* zu Problemen mit der Einhaltung der Distanz kommen kann. Der Standort liegt 640 m vom Datenzentrum entfernt. Es ist wahrscheinlich, dass die Grenzwerte nicht eingehalten werden können.





The map shows the Betzdorf area with a proposed wind turbine location marked by a green square. Red dashed lines indicate distances from the turbine to three specific points: 890 m, 870 m, and 700 m. The map also shows the Rhine river, various roads, and landmarks such as the Chateau and the Gare. An inset map in the top right corner shows the location of the area within a larger regional context.

Abbildung 23: Distanz zu Gebäuden Standort *Därchen* (Administration du Cadastre et de la Topographie, 2013, verändert)

Durch die Nähe zum Flughafen müssen die möglichen Auswirkungen der Windkraftanlagen auf den Flugverkehr und den Radar geprüft werden.

Würde man von der Errichtung von Anlagen mit einer Nabenhöhe von 100 m und einem Rotordurchmesser von maximal 100 m ausgehen, würde die vorgeschriebene Maximalhöhe von 515 m ü. NN bei den beiden Standorten nicht überschritten

Um die Auswirkungen auf das Radar zu untersuchen, wurde Herr Bossler kontaktiert um ein Vorgutachten zu bekommen. Auf den Standorten *Hollescht* (X: 6,31327 Y: 49,69142) und *Därchen* (X: 6,34402, Y: 49,49665) wurden die Auswirkungen der Errichtung einer Windkraftanlage mit einer



Nabenhöhe von 100 m und einer Gesamthöhe von 150 m untersucht. Der *Service Communication Navigation Surveillance* kam zum Entschluss, dass das Radar nicht von dem Betrieb der Windkraftanlagen an den beiden Standorten beeinträchtigt werden könnte.

Der Standort *Hollescht* liegt in einem von der luxemburger Natur- und Vogelschutzliga ausgewiesenen Ausschlussbereich für Windkraftanlagen (Abbildung 24). Um genauere Aussagen zu der Gefährdung der Avifauna an den potentiellen Standorten durch die Errichtung von Windkraftanlagen zu erhalten, wurden die Vertreter der *Centrale ornithologique* kontaktiert. Laut den Aussagen von Frau Klein von der *Centrale ornithologique* sind die beiden Standorten für die Avifauna als sehr kritisch einzustufen (Anhang 6). Sie liegen beide innerhalb des 3.000 Meter Mindestabstandes zu Schwarzstorchbrutvorkommen. Die *Centrale ornithologique* würde einen Bau aus Artenschutzgründen ablehnen.



Abbildung 24: Die potentiellen Standorte für die Nutzung von Windenergie Hollescht und Därchen in Bezug auf den Vogelschutz (Lëtzebuerger Natur- an Vulleschutlziga, o.J. a, überarbeitet)

### 3.3.6 Schlussfolgerung Windenergie

Man kann im Allgemeinen festhalten, dass es im gesamten Gemeindegebiet aufgrund der Nähe zu der Deponie kaum eine Möglichkeit gibt Windkraftanlagen zu errichten. Das Risiko von Vogelschlag ist einfach zu groß. Ein zeitweises Abschalten müsste über mehrere Monate andauern, was die Wirtschaftlichkeit der Windkraftanlagen stark beeinträchtigen würde.

### **3.4 Oberflächennahe Erdwärme**

In Luxemburg kommt auf Grund des allgemein niedrigen geothermischen Gradienten nur die Nutzung der oberflächennahen Erdwärme in Frage. Die Nutzung von Erdwärmepumpen hat in den letzten Jahren relativ stark an Interesse gewonnen. Die Wärme wird über eine Erdsonde oder über einen Erdkollektor dem Untergrund entzogen. Erdwärmepumpen eignen sich insbesondere für Neubauten mit geringem Wärmebedarf und geringen Vorlauftemperaturen des Heizungssystems. Die Nutzung von Geothermie mittels Tiefenbohrungen ist genehmigungspflichtig. Die Tiefenbohrungen könnten zu hydraulischen Verbindungen verschiedener Grundwasserstöcke führen, was zu einer Verschmutzung des Grundwassers durch oberflächennahes nitratreiches Grundwassers führen könnte.

In dieser Studie wurde ein Leitfaden für die Nutzung von oberflächennaher Erdwärme speziell für das Gemeindegebiet erstellt. Dieser Leitfaden wurde als separates Dokument ausgehändigt.

## 3.5 Sonnenenergie

### 3.5.1 Vorgehensweise

Um das Sonnenenergiepotential zu ermitteln wurde ein Solarkataster erstellt. Er gibt eine Übersicht über die bestehenden Photovoltaik- und solarthermischen Anlagen sowie über das restliche Solarenergiepotential für jedes Gebäude in der Gemeinde.

Der Anlagenbestand wurde über eine Begehung der Ortschaften erhoben. Für die Photovoltaikanlagen wurde die installierte Leistung über die Anzahl der Module abgeschätzt und die daraus resultierende Stromproduktion berechnet. Ähnlich wurde für die Aufnahme der bestehenden Solarthermieanlagen vorgegangen. Die durch die Sonnenenergienutzung eingesparte Energie für die Warmwasserbereitung wurde über die Anzahl der Bewohner für jedes Gebäude abgeschätzt.

Zur Analyse des restlichen Solarpotentials wurden der Neigungswinkel, die Ausrichtung und die nutzbare Dachfläche aller berücksichtigten Gebäude als Basiswerte für die Berechnungen genutzt. Abschattungseffekte, die infolge umliegender Gebäude oder topographischer Gegebenheiten entstehen, flossen ebenfalls als Kennzahl in die jährliche Ertragsberechnung mit ein.

Die installierte elektrische Leistung der Photovoltaikanlagen, der voraussichtliche Stromertrag sowie die jährliche CO<sub>2</sub>-Einsparung wurden ebenfalls ermittelt. Dynamische Einflussgrößen wie die Art der Module, der Wirkungsgrad oder die Performance Ratio wurden nach aktuellen Gegebenheiten zum Zeitpunkt der Erhebung berücksichtigt. Als Basis für die Berechnungen dienten Durchschnittswerte bestehender Anlagen.

Bei der Potentialermittlung wurden sämtliche Gebäude, deren Grundfläche mehr als 50 m<sup>2</sup> beträgt, berücksichtigt. Gebäude mit einer geringeren Grundfläche wurden aufgrund der nicht wirtschaftlichen Flächengröße in der Berechnung nicht betrachtet.

Übersicht der ermittelten Werte für jedes einzelne Gebäude:

- nutzbare zusammenhängende Dachfläche
- Ausrichtung der nutzbaren Dachfläche nach Himmelsrichtung
- Dachneigung in Grad
- mittlere jährliche Globalstrahlung
- Reduzierung der Einstrahlung durch Abschattungseffekte
- voraussichtlicher Ertrag
- voraussichtlicher Ertrag
- mögliche Anlagenleistung
- jährliche CO<sub>2</sub>-Einsparung

Im Solarkataster können die bestehenden Anlagen sowie das restliche Potential für die thermische und photovoltaische Nutzung der Sonnenenergie für jedes Gebäude in der Gemeinde interaktiv über *Google Earth* angesehen werden (Abbildung 25).



Abbildung 25: Solarkataster für die Gemeinde Betzdorf

## 3.5.2 Anlagenbestand

### 3.5.2.1 Photovoltaik

In der Gemeinde Betzdorf wurden insgesamt 36 Photovoltaikanlagen gezählt (Tabelle 34). Es wird insgesamt eine Fläche von 14.888 m<sup>2</sup> für Photovoltaik genutzt. Die installierte elektrische Leistung der Anlagen liegt bei 1.866 kW<sub>p</sub>. Die Stromproduktion wurde auf 1.538.391 kWh/a geschätzt. Die durchschnittliche Leistung pro Anlage lag bei 51,8 kW<sub>p</sub>. Der Großteil der Anlagen befand sich in der Ortschaft Betzdorf.

Tabelle 34: Photovoltaikanlagenbestand für die Gemeinde Betzdorf in 2012

Ortschaft	Anzahl der Anlagen	Anzahl der Module	Fläche m <sup>2</sup>	Installierte Leistung kW <sub>p</sub>	Produktion kWh/a
Berg	5	621	994	124	90 316
Betzdorf	5	3 658	5 853	732	671 095
Mensdorf	4	411	658	82	74 186
Olingen	13	2 232	3 571	446	412 799
Roodt-sur-Syre	9	2 383	3 813	482	289 994
<b>Gesamt</b>	<b>36</b>	<b>9 305</b>	<b>14 888</b>	<b>1 866</b>	<b>1 538 391</b>

### 3.5.2.2 Solarthermie

In der Gemeinde Betzdorf wurden insgesamt 100 bestehende thermische Solaranlagen gezählt. Sie beanspruchten eine Dachfläche von 1.133 m<sup>2</sup>. Durch die 434 solarthermischen Kollektoren wurden 454.536 kWh/a konventionelle Energieträger für die Warmwasserbereitung und für Heizzwecke eingespart, was 45.536 Litern Heizöl entspricht (Tabelle 35). Der Großteil der thermischen Solaranlagen befand sich in den Ortschaften Roodt-sur-Syre und Mensdorf.

Tabelle 35: Bestand an solarthermischen Anlagen in der Gemeinde Betzdorf in 2012

Ortschaft	Anzahl der Anlagen	Anzahl der Kollektoren	Fläche m <sup>2</sup>	Einsparungen kWh/a
Berg	12	30	78	45 565
Betzdorf	6	24	63	33 418
Mensdorf	26	78	204	105 312
Olingen	16	55	144	78 961
Roodt-sur-Syre	40	247	645	191 280
<b>Gesamt</b>	<b>100</b>	<b>434</b>	<b>1 133</b>	<b>454 536</b>

### 3.5.2.3 Ausbaupotential

Die Potentialberechnung ergab, dass sich noch zusätzlich 96.538 m<sup>2</sup> Dachfläche theoretisch für die Sonnenenergienutzung eignen würden. Das größte Flächenpotential für die aktive Nutzung von Sonnenenergie liegt in Roodt-sur-Syre, wo noch 40.020 m<sup>2</sup> Dachfläche für die Energieproduktion genutzt werden könnten. Neben Roodt-sur-Syre besteht noch ein großes Ausbaupotential für die Nutzung von Sonnenenergie in Mensdorf, wo sich 30.051 m<sup>2</sup> Dachfläche für die Errichtung von Anlagen eignen würde. Das geringste Flächenpotential wurde in Berg identifiziert, was auf die geringe Anzahl der Gebäude in der Ortschaft zurückzuführen ist (Abbildung 26).

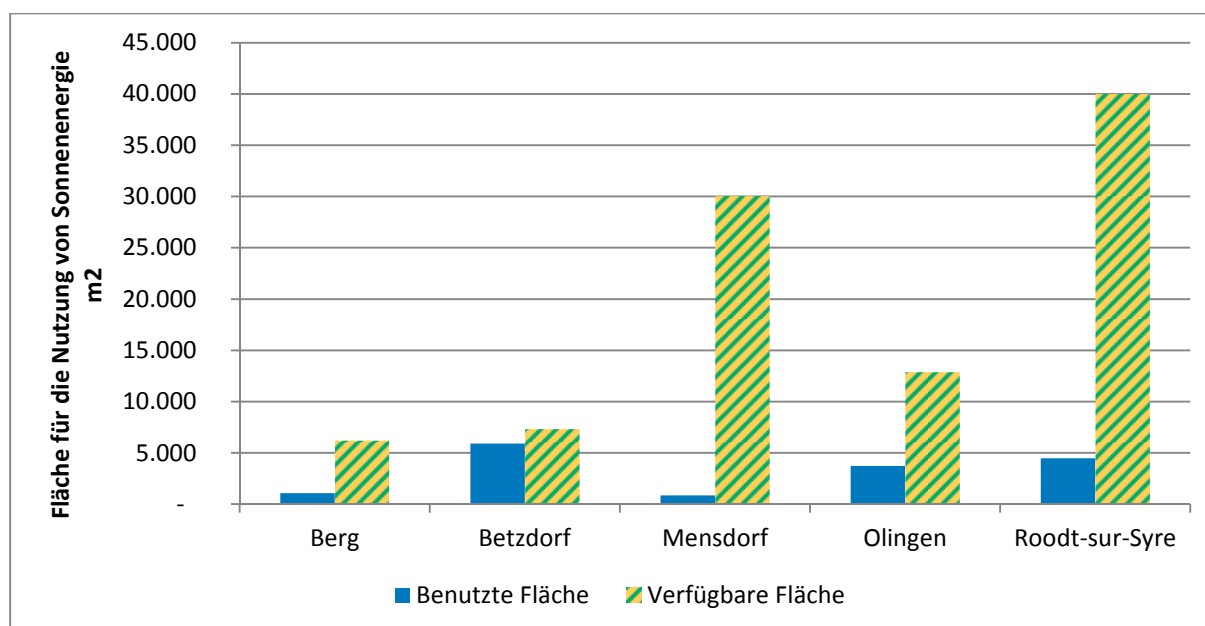


Abbildung 26: Genutzte und verfügbare Fläche für die Nutzung von Sonnenenergie in der Gemeinde Betzdorf für 2012

In dieser Studie wurden drei Szenarien für die Nutzung der noch verfügbaren Dachflächen näher untersucht.

### Szenario 1: 100% Photovoltaik

Im 1. Szenario wurde davon ausgegangen, dass die gesamte verfügbare Dachfläche für die photovoltaische Stromproduktion genutzt werden könnte. Auf der verfügbaren Dachfläche könnte man Photovoltaikanlagen mit einer elektrischen Leistung von insgesamt 12.067 kW<sub>p</sub> installieren. Die Anlagen würden 10.201.000 kWh/a Strom produzieren, was dem Stromverbrauch von 2.040 Einfamilienhäusern entsprechen (Tabelle 36).

Tabelle 36: Szenario 100% Photovoltaik in der Gemeinde Betzdorf

100% Photovoltaik			
Ortschaft	Fläche m <sup>2</sup>	Installierte Leistung kW <sub>p</sub>	Produktion kWh/a
Berg	6 234	779	555 098
Betzdorf	7 343	918	735 309
Mensdorf	30 051	3 756	2 441 389
Olingen	12 889	1 611	1 363 513
Roodt-sur-Syre	40 020	5 003	3 567 299
<b>Gesamt</b>	<b>96 538</b>	<b>12 067</b>	<b>8 662 609</b>

Das größte Ausbaupotential besteht in Roodt-sur-Syre. Hier könnte die installierte elektrische Leistung um 5.003 kW<sub>p</sub> gesteigert werden. In der Abbildung 27 sind die bestehenden Anlagen und das zusätzliche Potential dargestellt.

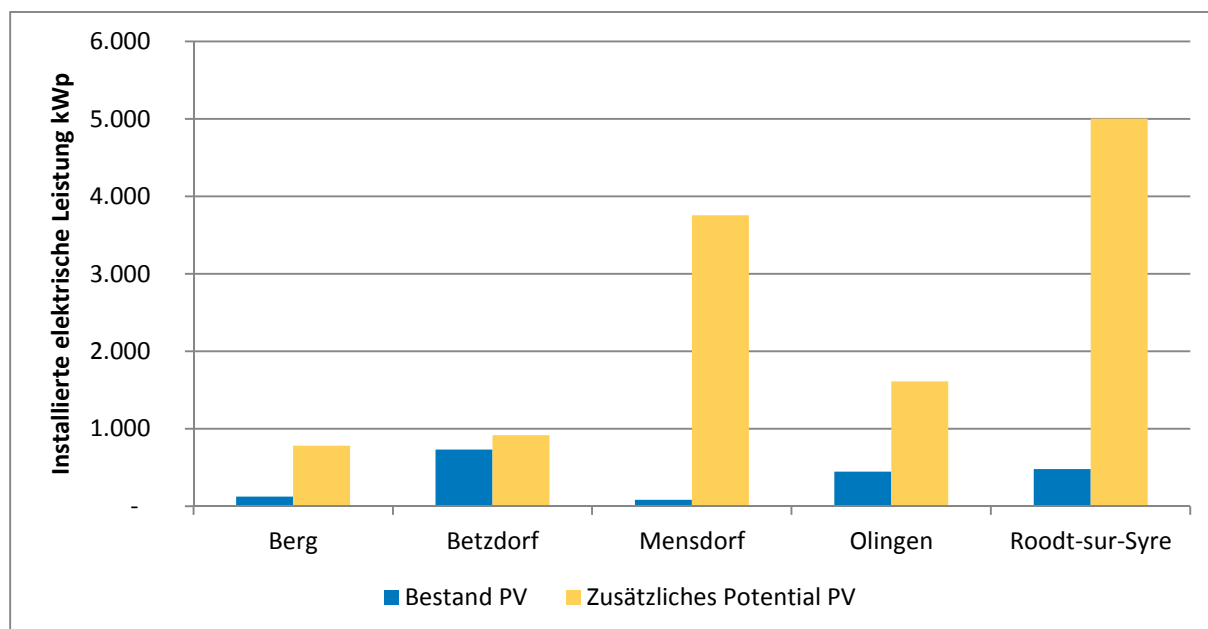


Abbildung 27: Vergleich der installierten elektrischen Leistung der Photovoltaikanlagen vor und nach Aktivierung des Potentials laut Szenario 1 nach Ortschaften

## Szenario 2: Warmwasserbereitung und Photovoltaik

Im 2. Szenario wurde angenommen, dass die Dachfläche vorrangig für Solarkollektoren zur Warmwasserbereitung zur Verfügung steht und die restliche Fläche für Photovoltaik genutzt werden könnte. Die Berechnung des Energieverbrauchs für die Warmwasserbereitung erfolgte auf Basis der Anzahl der Hausbewohner. Durch die zusätzliche Nutzung von thermischen Solarkollektoren für die Bereitung von Warmwasser könnten 156.931 Liter Heizöl eingespart werden (Tabelle 37). Es würden 4.306 m<sup>2</sup> Dachfläche für die thermischen Solarkollektoren beansprucht werden. Es würden noch 92.231 m<sup>2</sup> für die Photovoltaiknutzung übrig bleiben. Es könnten Photovoltaikanlagen mit einer elektrischen Leistung von 11.529 kW<sub>p</sub> zugebaut werden und die photovoltaische Stromproduktion um 8.224.082 kWh/a gesteigert werden, was dem jährlichen Stromverbrauch von 1.644 Einfamilienhäusern entsprechen würde.

Tabelle 37: Szenario: Warmwasserbereitung und Photovoltaik in der Gemeinde Betzdorf

Warmwasser			Photovoltaik		
Ortschaft	Fläche m <sup>2</sup>	Einsparungen kWh/a	Fläche m <sup>2</sup>	Installierte Leistung kW <sub>p</sub>	Produktion kWh/a
Berg	211	84 825	6 023	753	534 345
Betzdorf	270	90 580	7 073	884	708 106
Mensdorf	1 185	436 742	28 867	3 608	2 320 600
Olingen	553	230 869	12 336	1 542	1 303 357
Roodt-sur-Syre	2 087	726 295	37 933	4 742	3 357 674
<b>Gesamt</b>	<b>4 306</b>	<b>1 569 310</b>	<b>92 231</b>	<b>11 529</b>	<b>8 224 082</b>

Die Abbildung 28 vergleicht die installierte elektrische Leistung der bestehenden Photovoltaikanlagen mit dem zusätzlichen Potential. Man sieht deutlich wie im Szenario 1, dass das größte Ausbaupotential in Roodt-sur-Syre besteht.

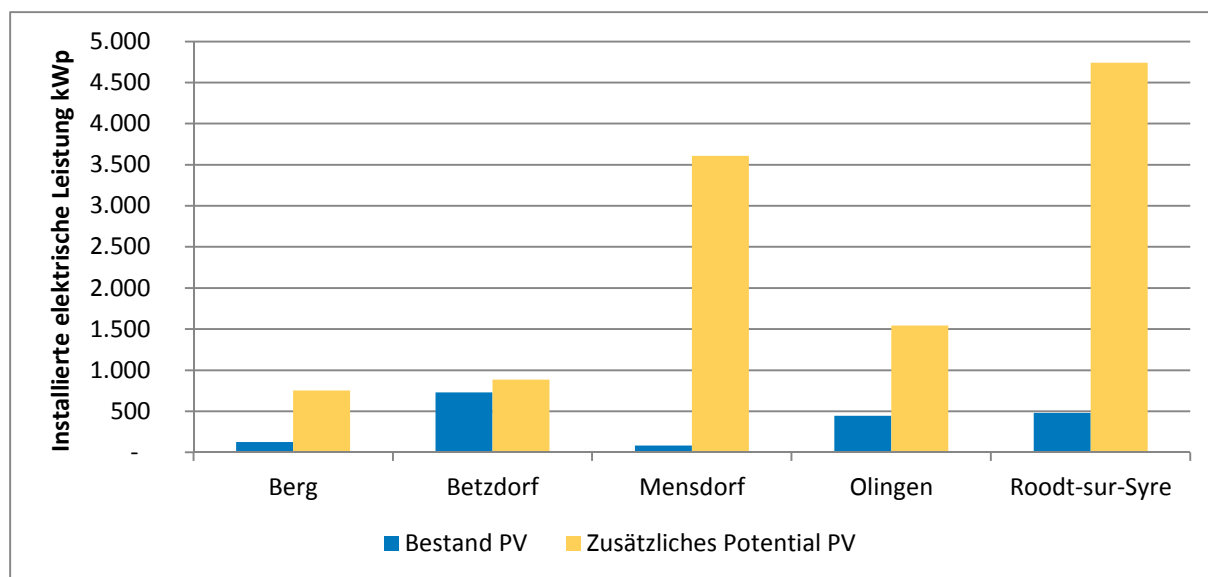


Abbildung 28: Vergleich der installierten elektrischen Leistung der Photovoltaikanlagen vor und nach Aktivierung des Potentials laut Szenario 2 nach Ortschaften

Für die solarthermische Warmwasserbereitung liegt das größte Ausbaupotential ähnlich wie bei der Photovoltaik in Roodt-sur-Syre (Abbildung 29). Dieses große Potential ist zu einem auf die hohe Anzahl von Gebäuden und zum anderem auf die hohe Einwohnerzahl zurückzuführen. Die eingesparte Wärmemenge wurde auf Basis des einwohnerbezogenen Warmwasserverbrauchs berechnet.

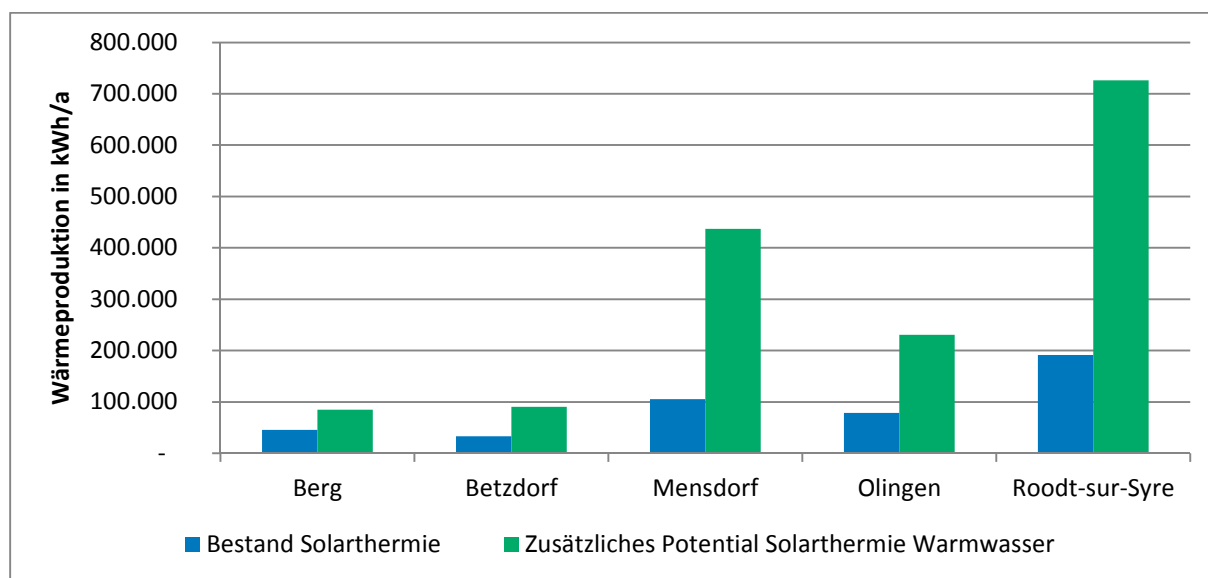


Abbildung 29: Vergleich der produzierten Wärme der Solarkollektoren für die Warmwasserbereitung vor und nach Aktivierung des Potentials laut Szenario 2 nach Ortschaften



### **Szenario 3: Warmwasserbereitstellung, Heizungsunterstützung und Photovoltaik**

Im letzten Szenario wurde prioritär von einer Nutzung der Dachfläche für die Warmwasserbereitung und für die Heizungsunterstützung ausgegangen. Die restliche Dachfläche könnte für Photovoltaik genutzt werden. Für die Deckung des Warmwasserbedarfs und zur Heizungsunterstützung durch Sonnenenergie würde eine Fläche von 17.090 m<sup>2</sup> benötigt werden. Die thermischen Solarkollektoren könnten insgesamt 652.907 Liter Heizöl substituieren.

Für die Stromproduktion würden laut diesem Szenario noch 79.448 m<sup>2</sup> Dachfläche zu Verfügung stehen auf denen 9.931 kW installiert werden könnten. Neben der Einsparung von fossilen Energieträgern könnten 7.357.098 kWh/a Strom produziert werden (Tabelle 38).

Tabelle 38: Szenario Warmwasserbereitstellung, Heizungsunterstützung und Photovoltaik

Warmwasser + Heizungsunterstützung			Photovoltaik		
Ortschaft	Fläche m <sup>2</sup>	Einsparungen kWh/a	Fläche m <sup>2</sup>	Installierte Leistung kWp	Produktion kWh/a
Berg	886	394 233	5 348	669	489 972
Betzdorf	1 079	383 999	6 264	783	652 911
Mensdorf	4 730	1 841 065	25 321	3 165	2 077 616
Olingen	2 232	949 972	10 657	1 332	1 180 672
Roodt-sur-Syre	8 163	2 959 805	31 857	3 982	2 955 927
<b>Gesamt</b>	<b>17 090</b>	<b>6 529 074</b>	<b>79 448</b>	<b>9 931</b>	<b>7 357 098</b>

Ähnlich wie im Szenario 1 und 2 liegt das größte Ausbaupotential für die Nutzung von Photovoltaik in den Ortschaften Mensdorf und Roodt-sur-Syre (Abbildung 30).

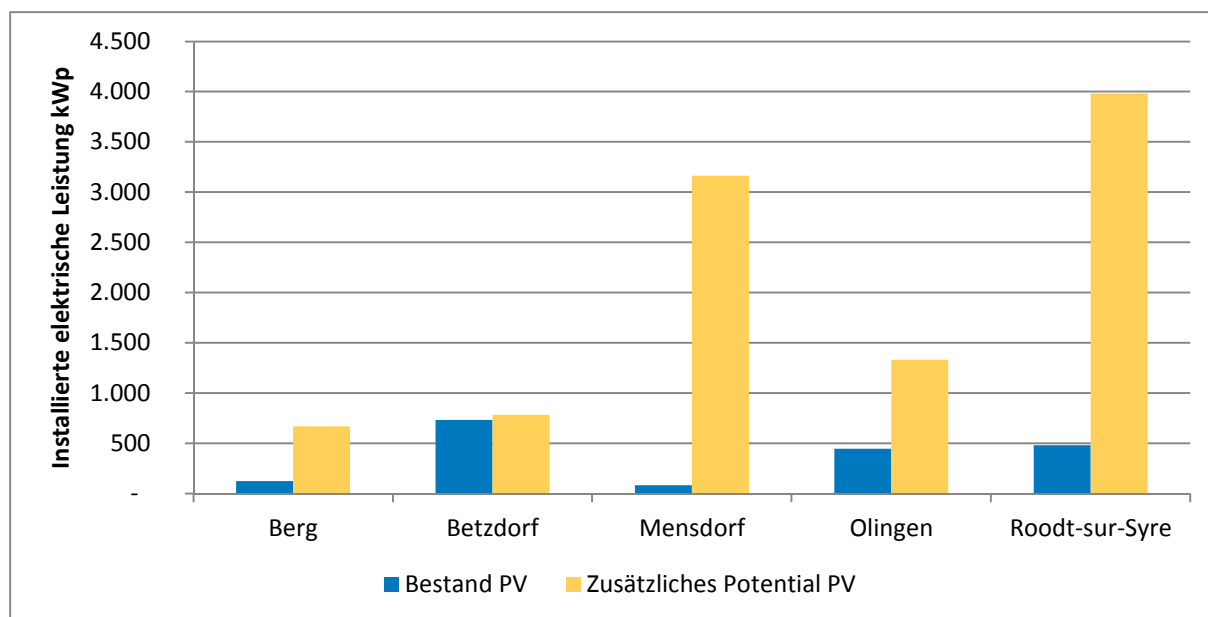


Abbildung 30: Vergleich der installierten elektrischen Leistung der Photovoltaikanlagen vor und nach Aktivierung des Potentials laut Szenario 3 nach Ortschaften

Das größte Ausbaupotential für die Nutzung von Solarthermie für die Warmwasserbereitung und die Heizungsunterstützung besteht in Mensdorf und Roodt-sur-Syre (Abbildung 31).

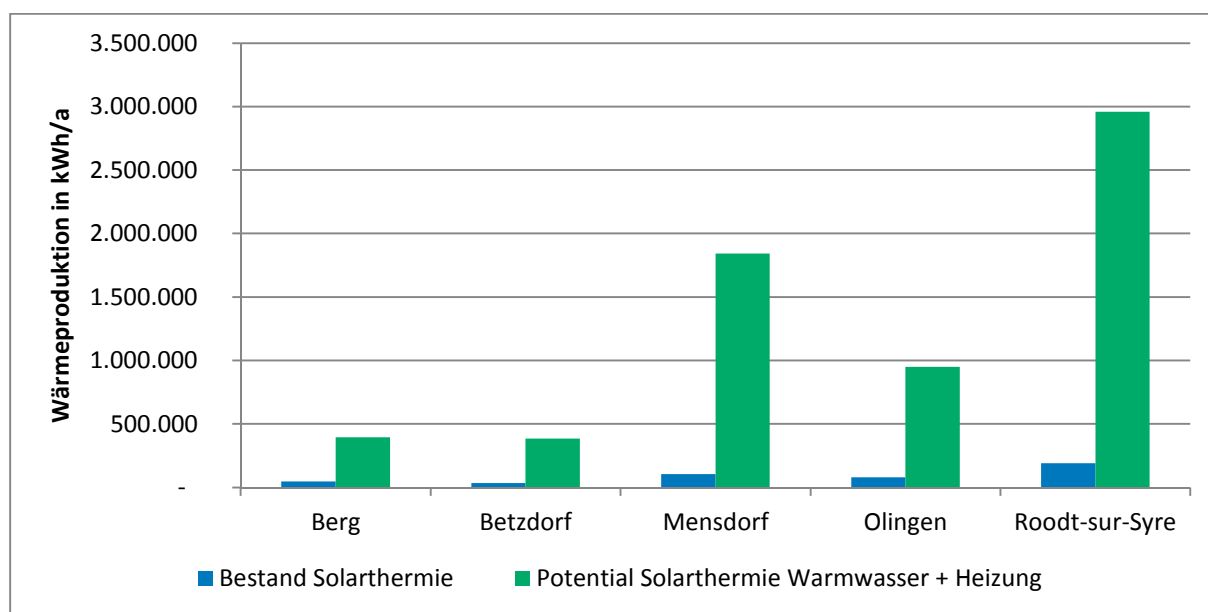


Abbildung 31: Vergleich der produzierten Wärme der Solarkollektoren für die Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung vor und nach Aktivierung des Potentials laut Szenario 3 nach Ortschaften

### 3.5.3 Fazit realisierbares Solarpotential

In dieser Studie wurde vom Potential laut Szenario 2 ausgegangen. Die Nutzung von Solarwärme für die Warmwasserbereitung wird in diesem Szenario bevorzugt. Die restliche Fläche würde für Photovoltaik genutzt werden.

In den vorherigen Kapiteln wurde das gesamte theoretische Sonnenenergiepotential betrachtet. Eine gesamte Aktivierung dieses Potential ist jedoch als unrealistisch anzusehen. Um das realisierbare Potential zu ermitteln, wurden wirtschaftliche Randbedingungen festgelegt.

Um das in der Gemeinde Betzdorf realisierbare Solarpotential festzulegen, wurde davon ausgegangen, dass der Stromertrag der Photovoltaikanlagen mindestens 700 kWh/kW<sub>p</sub> betragen muss um eine Wirtschaftlichkeit der Anlage zu gewährleisten. Bei den solarthermischen Anlagen wurde davon ausgegangen, dass mindestens 2.500 kWh/a Wärme durch die Sonnenenergie eingespart werden müssen um einen guten solaren Deckungsgrad zu erreichen.

Das realisierbare Potential für die Nutzung von Solarwärme für die Warmwasserbereitung liegt bei 999.601 kWh/a, entsprechend 100.000 Liter Heizöl. Auf der restlichen Fläche, wo aus wirtschaftlicher Sicht die photovoltaische Stromproduktion sinnvoll wäre, könnten 5.989.463 kWh/a Strom produziert werden, was dem Jahresstromverbrauch von 1.198 (Tabelle 39).

Tabelle 39: Realisierbares Potential Sonnenenergie

Ortschaft	Warmwasser		Photovoltaik
	Fläche m <sup>2</sup>	Einsparungen kWh/a	Produktion kWh/a
Berg	119	55 216	506 180
Betzdorf	142	60 452	534 668
Mensdorf	520	260 620	1 666 780
Olingen	288	160 165	1 006 898
Roodt-sur-Syre	1 035	463 147	2 274 936
<b>Gesamt</b>	<b>2 104</b>	<b>999 601</b>	<b>5 989 463</b>

## 4 Wärmeeinsparpotential

### 4.1 Energiekataster

#### 4.1.1 Vorgehensweise

Der Energiekataster basiert auf einer Vorortbegehung aller Straßen der Ortschaften bei der alle Gebäude in Bezug auf ihren energetischen Zustand bewertet wurden. Die Gebäude wurden nach Baujahr in vier energetisch relevante Altersklassen aufgeteilt. Um die energetische Qualität der Gebäude zu erfassen wurde die Gebäudehülle visuell begutachtet. Des Weiteren wurden die aktuell beheizten und unbeheizten Gebäudeflächen (z.B. Haus/Scheune-Situation) sowie die Anzahl der Etagen erfasst.

Auf Basis der erhobenen Daten wurden für jedes Privathaus der Wärmeverbrauch (Verbrauchswert an Endenergie) und die Wärmeeinsparpotentiale berechnet. Um die Einsparpotentiale zu ermitteln wurden Sanierungsmaßnahmen definiert.

Die Sanierungsmaßnahmen umfassen die Dämmung der Außenwand, der Heizungsrohre, der Kellerdecke, das Ersetzen und Abdichten der Fenster und das Ersetzen des Heizkessels. Die potentiellen Einsparungen können für jedes erfasste Gebäude in Abhängigkeit der Energieeffizienz und der ausgewählten Sanierungsmaßnahmen beziffert werden. Die Einsparpotentiale für die Gebäude können beispielsweise als Anhaltspunkt für Energieberater genutzt werden, ersetzen jedoch kein detailliertes Energieaudit. Ein anderer Anwendungsbereich für den Energiekataster ist die Ermittlung des Wärmeverbrauchs von Straßenzügen bei der Dimensionierung von Nahwärmenetzen.

Ähnlich wie der Solarkataster können der Energieverbrauch und die Einsparpotentiale für jedes erfasste Gebäude interaktiv über Google Earth angesehen werden (Abbildung 32).

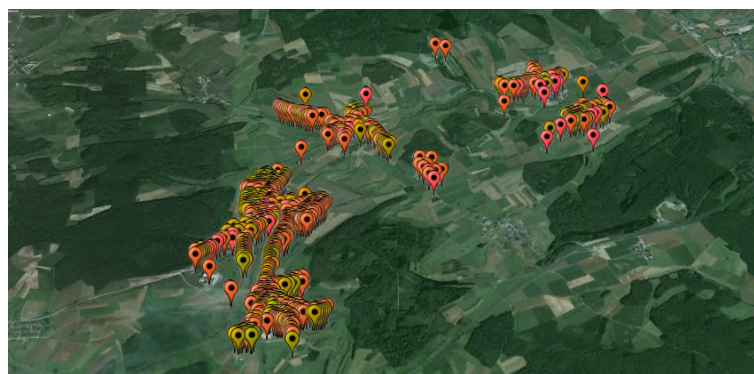


Abbildung 32: Auszug aus dem Energiekataster der Gemeinde Betzdorf

## 4.1.2 Resultate

### 4.1.2.1 Wärmeverbrauch der privaten Haushalte

Die Auswertung des Energiekatasters ergab einen Wärmeverbrauch in den Privathaushalten von insgesamt 45,9 GWh/a (Abbildung 19). Rund 5,7% des Wärmeverbrauchs in den Privathaushalten wurde für die Warmwasserbereitung und 94,6% des Wärmeverbrauchs für Heizzwecke genutzt. Die Gebäude, die zwischen 1970 und 1995 gebaut wurden, wiesen den höchsten Wärmeverbrauch auf. Sie machten 29,3% des gesamten Wärmeverbrauchs in den Privathaushalten aus.

Tabelle 40: Aufteilung des Wärmeverbrauchs der Privathaushalte nach Baujahr der Gebäude und nach Ortschaft

Ortschaft	Wärmeverbrauch in kWh/a					
	<1940	1940/1970	1970/1995	1995/2008	>2008	Gesamt
Berg	951 567	406 216	313 348	679 661	242 817	2 593 609
Betzdorf	2 291 168	497 515	223 553	1 663 237	242 374	4 917 848
Mensdorf	3 247 092	2 649 681	3 304 147	2 014 073	920 787	12 135 781
Olingen	2 430 548	1 052 443	1 740 995	894 035	392 196	6 510 217
Roodt-sur-Syre	2 635 163	2 979 502	7 886 896	4 250 070	2 028 553	19 780 183
<b>Gesamt</b>	<b>11 555 538</b>	<b>7 585 358</b>	<b>13 468 940</b>	<b>9 501 076</b>	<b>3 826 727</b>	<b>45 937 638</b>

In der Gemeinde Betzdorf wurde 43,1% der Wärme in Roodt-sur-Syre verbraucht (Abbildung 33). Den geringsten Wärmeverbrauch fand man in Berg, was auf die niedrige Einwohnerzahl zurückzuführen ist.

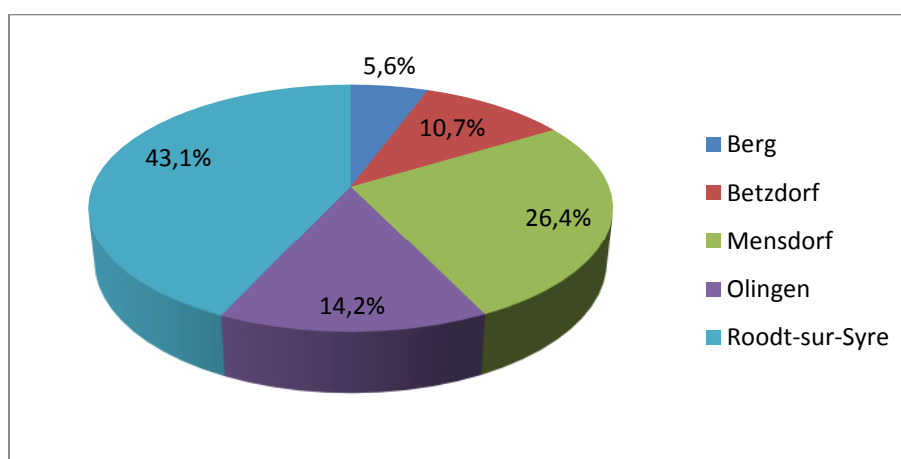


Abbildung 33: Aufteilung des Wärmeverbrauchs in den Privathaushalten nach Ortschaft

Der spezifische Wärmeverbrauch der Privathaushalte lag bei 211 kWh/(m<sup>2</sup>\*a) (Tabelle 41). In Berg hatten die Häuser im Durchschnitt den geringsten spezifischen Wärmeverbrauch. Der spezifische Wärmeverbrauch war am höchsten in Betzdorf. Im Durchschnitt wiesen die Häuser, die vor 1940 gebaut wurden einen spezifische Wärmeverbrauch von 295 kWh/(m<sup>2</sup>\*a) auf. Die Häusern die zwischen 1940/1970 errichtet wurden wiesen einen spezifischen Wärmeverbrauch von

durchschnittlich 231 kWh/(m<sup>2</sup>\*a) auf. Die im Zeitraum von 1970 bis 1995 errichteten Häuser verbrauchten 242 kWh/(m<sup>2</sup>\*a). Häuser die zwischen 1995 und 2008 errichtet wurden wiesen einen spezifischen Verbrauch von durchschnittlich 147 kWh/(m<sup>2</sup>\*a) auf. Der mittlere spezifische Wärmeverbrauch lag bei 89 kWh/(m<sup>2</sup>\*a) bei den rezenten Häusern die nach 2008 errichtet wurden.

Tabelle 41: Spezifischer Wärmeverbrauch der Privathaushalte nach Ortschaft und Baujahr

Ortschaften	Wärmeverbrauch kWh/m <sup>2</sup> *a					
	<1940	1940/1970	1970/1995	1995/2008	>2008	Gesamt
BERG	306	227	245	146	89	195
BETZDORF	308	199	245	152	89	230
MENSDORF	294	231	244	147	89	215
OLINGEN	269	233	240	150	89	213
ROODT-SUR-SYRE	307	236	241	146	89	208
<b>Gesamt</b>	<b>295</b>	<b>231</b>	<b>242</b>	<b>147</b>	<b>89</b>	<b>211</b>

#### 4.1.2.2 Einsparpotentiale

Durch die Umsetzung der zugrunde gelegten Sanierungsmaßnahmen in allen privaten Haushalten könnte man insgesamt 29.665 MWh Wärme einsparen, was rund 2.966.519 Litern Heizöl entsprechen würde. Der aktuelle Wärmeverbrauch in den Privathaushalten könnte durch die Durchführung der Sanierungsmaßnahmen um 64,6 % gesenkt werden (Tabelle 42).

Tabelle 42: Relative Einsparpotentiale in den privaten Haushalten nach Sanierungsmaßnahme

Baujahr	Einsparungen durch Sanierungsmaßnahmen						
	Fassade	Fenster	Dach	Heizungsrohre	Heizkessel	Kellerdecke	Komplett
<1940	24,6%	10,8%	16,8%	4,6%	6,3%	7,3%	70,5%
1940/1970	6,2%	6,2%	18,0%	7,3%	10,1%	24,0%	71,8%
1970/1995	11,2%	4,5%	13,4%	11,6%	14,5%	17,8%	73,1%
1995/2008	1,4%	3,0%	15,2%	6,0%	15,1%	15,2%	55,8%
>2008	0,0%	9,2%	0,1%	3,0%	6,1%	6,1%	24,4%
<b>Gesamt</b>	<b>10,8%</b>	<b>6,4%</b>	<b>14,3%</b>	<b>7,3%</b>	<b>11,1%</b>	<b>14,7%</b>	<b>64,6%</b>

Das größte Einsparpotential liegt in der Verbesserung des Wärmeschutzes der Außenwände. Sie tragen in der Regel zum Großteil der Wärmeverluste eines Gebäudes bei, da sie den größten Anteil der Außenbauteile eines Hauses ausmachen. Aus technischer Sicht kann jede Fassade wärmedämmend werden. Grundsätzlich können Außenwände von außen oder von innen gedämmt werden. Wenn möglich sollten sie von außen gedämmt werden. In Ausnahmefällen, wenn die Fassade des Gebäudes nicht verändert werden darf oder die Außenwand auf der Grundstücksgrenze steht, sollte auf die Dämmung von Innen zurückgegriffen werden. Durch die Dämmung der Außenwände aller Privathaushalte könnte der aktuelle Wärmeverbrauch um 10,8 % gesenkt werden.

Das Dach trägt aufgrund seiner großen Fläche zu einem großen Teil der Heizwärmeverluste eines Gebäudes bei. Die Dämmung des Daches ist somit eine wichtige und effektive Sanierungsmaßnahme,

die sich meistens mit einem verhältnismäßig geringen Aufwand bewerkstelligen lässt. Die Ausführung der Dämmung des Daches ist abhängig von der Nutzung der Dachräume. Wenn die Dachräume bewohnt werden, ist die Dachschräge zu dämmen. Werden die Dachräume nicht für Wohnzwecke genutzt, ist die nachträgliche Dämmung der obersten Geschoßdecke die einfachste und kostengünstigste Variante. Bei einer Dämmung des Daches ist insbesondere auf die Luftdichtigkeit der Dämmung zu achten. Bei Undichtigkeiten kann es zur Kondensation von Wasser kommen. Durch die Dämmung der Dächer könnte der Wärmeverbrauch der privaten Haushalte um 14,3% gesenkt werden.

Eine weitere Sanierungsmaßnahme die zu erheblichen Einsparungen führt, ist die Dämmung der Kellerdecke. Die Decken über unbeheizten Kellerräumen sind wärmetechnisch oft Schwachpunkte und machen in der Energiebilanz einen beträchtlichen Anteil der Verluste aus. Die Dämmung erfolgt am besten auf der Unterseite der Kellerdecke mit einfachen Dämmstoffplatten. Durch die Dämmung der Kellerdecke könnten 14,7% der Wärme in den Privathaushalten der Gemeinde Betzdorf eingespart werden.

Fenster sind in Altbauten meist Schwachstellen. Bis Ende der 60er Jahre wurden einfach verglaste Fenster eingebaut und später die erste Generation an Isolierverglasung. Die Fensterrahmen waren in den 60er zum Großteil aus Holz. Nachfolgend wurden Kunststoffe und Metalle aus Rahmenmaterial eingesetzt. Vor allem Metallrahmen stellen große Schwachstellen dar. Durch undichte Einbauung und fehlende Dichtungen zwischen den Rahmenprofilen, entstehen bei alten Fenstern und Außentüren große Lüftungswärmeverluste. Durch die Abdichtung der Fenster sowie den Austausch von älteren Fenstern wären im Hausbestand Wärmeeinsparungen von 6,4% möglich.

Im Bereich der Wärmeerzeugung und -verteilung war es schwieriger eine Bewertung von außen durchzuführen. Bei der Wärmeerzeugung kann es sinnvoll sein eine Heizungsanlage nach 15-25 Jahren auszutauschen. Im Gegensatz zu neuen Wärmeerzeugern mit hohen Wirkungsgraden weisen alte Heizkessel zu hohe Kessel- und Abgasverluste auf oder arbeiten mit veralteten Mess- und Regeleinrichtungen. Meist wurden sie darüber hinaus oft überdimensioniert. Durch den Austausch des Heizkessels würden sich insgesamt 11,1% der Wärme einsparen lassen. Neben der Wärmeerzeugung sind auch Einsparungen bei der Verteilung der Wärme möglich. Viele Rohrleitungen sind gar nicht oder schlecht gedämmt. Es könnten Wärmeeinsparungen von 7,3% erreicht werden.



Abbildung 34: Warmwasserrohre im Heizungsraum im ungedämmten und gedämmten Zustand

In der Tabelle 43 sind die Einsparungen je nach Maßnahme für die verschiedenen Ortschaften aufgelistet. Die Einsparpotentiale in den Ortschaften bewegen sich zwischen 63,8 und 65,6%. Die größten Wärmeeinsparungen sind in Olingen möglich. In den Ortschaften Berg und Roodt-sur Syre ist das Einsparpotential am geringsten.

Tabelle 43: Einsparpotentiale in den Privathaushalten nach Ortschaft und nach Sanierungsmaßnahme

Ortschaft	Einsparungen durch Sanierungsmaßnahmen						
	Fassade	Fenster	Dach	Heizungsrohre	Heizkessel	Kellerdecke	Komplett
Berg	10,9%	7,1%	13,6%	7,5%	12,1%	12,6%	63,8%
Betzdorf	14,3%	7,6%	14,5%	6,1%	10,6%	12,0%	65,1%
Mensdorf	11,4%	6,6%	14,9%	6,9%	10,3%	15,1%	65,2%
Olingen	16,2%	6,8%	15,2%	5,4%	8,1%	14,0%	65,6%
Roodt-sur-Syre	7,8%	5,8%	13,6%	8,4%	12,7%	15,5%	63,8%
<b>Gesamt</b>	<b>10,8%</b>	<b>6,4%</b>	<b>14,3%</b>	<b>7,3%</b>	<b>11,1%</b>	<b>14,7%</b>	<b>64,6%</b>

Die Tabelle 44 zeigt die Einsparpotentiale der Gebäude je nach Baujahr für die verschiedenen Ortschaften.

Tabelle 44: Wärmeeinsparungen in den Privathaushalten nach Ortschaft und Baujahr

Ortschaft	Einsparungen in kWh					
	<1940	1940/1970	1970/1995	1995/2008	>2008	Gesamt
Berg	72,9%	73,2%	74,4%	62,8%	24,3%	65,9%
Betzdorf	73,2%	67,5%	73,6%	63,2%	24,8%	66,9%
Mensdorf	69,0%	72,3%	73,6%	63,1%	24,7%	66,6%
Olingen	68,2%	71,9%	72,5%	63,7%	24,1%	66,7%
Roodt-sur-Syre	70,9%	71,8%	72,9%	62,1%	24,3%	65,2%
<b>Gesamt</b>	<b>70,5%</b>	<b>71,8%</b>	<b>73,1%</b>	<b>62,7%</b>	<b>24,4%</b>	<b>66,0%</b>



Durch die Durchführung der Sanierungsmaßnahmen in allen Privathaushalten würde der spezifische Wärmeverbrauch auf 75 kWh/(m<sup>2</sup>\*a) sinken (Tabelle 45). In Roodt-sur-Syre würde sogar ein spezifischer Wärmeverbrauch von 74 kWh/(m<sup>2</sup>\*a) erreicht werden. Der spezifische Wärmeverbrauch nach der Durchführung der Sanierungsmaßnahmen in allen Privathaushalten wäre am höchsten in Betzdorf.

Tabelle 45: Spezifischer Wärmeverbrauch der Privathaushalte nach Ortschaft und Baujahr bei 100% Aktivierung der Einsparpotentiale

Ortschaften	Wärmeverbrauch kWh/m <sup>2</sup> *a					
	<1940	1940/1970	1970/1995	1995/2008	>2008	Gesamt
BERG	98	68	67	74	81	79
BETZDORF	98	68	67	74	81	83
MENSDORF	98	68	67	74	81	75
OLINGEN	98	68	67	74	81	77
ROODT-SUR-SYRE	98	68	67	74	81	74
<b>Gesamt</b>	<b>98</b>	<b>68</b>	<b>67</b>	<b>74</b>	<b>81</b>	<b>75</b>

#### 4.1.3 Fazit Wärmeeinsparungen in den Privathaushalten

In dieser Studie wurde davon ausgegangen, dass nicht das gesamte ermittelte Einsparpotential aktiviert werden könnte. Es wurde angenommen, dass 70% der Wärmeeinsparungen in den Privathaushalten realisiert werden könnten.

Unter Berücksichtigung dieser Annahme würde sich das globale Einsparpotential auf 45,2 % des aktuellen Wärmeverbrauchs verringern (Tabelle 46). Es könnten insgesamt 2.076.563 Liter konventionelle Energieträger eingespart werden.

Tabelle 46: Wärmeinsparpotentiale in den Privathaushalten bei 70% Mobilisierung

Baujahr	Verbrauch kWh/a	100% Mobilisierung		70% Mobilisierung	
		Einsparung		Einsparung	
		kWh	%	kWh	%
<1940	11 555 538	8 141 184	70,5%	5 698 829	49,3%
1940/1970	7 585 358	5 444 558	71,8%	3 811 191	50,2%
1970/1995	13 468 940	9 841 025	73,1%	6 888 718	51,1%
1995/2008	9 501 076	5 302 863	55,8%	3 712 004	39,1%
>2008	3 826 727	935 562	24,4%	654 893	17,1%
<b>Gesamt</b>	<b>45 937 638</b>	<b>29 665 192</b>	<b>64,6%</b>	<b>20 765 634</b>	<b>45,2%</b>

Geht man von einer partiellen Aktivierung des Einsparpotentials von 70% aus, würde der spezifische Wärmeverbrauch der Privathaushalte auf 108 kWh/(m<sup>2</sup>\*a) sinken.

Tabelle 47. Spezifischer Wärmeverbrauch der Privathaushalte nach Ortschaft und Baujahr nach 70% Aktivierung der Einsparpotentiale

Ortschaften	Wärmeverbrauch kWh/m <sup>2</sup> *a					Gesamt
	<1940	1940/1970	1970/1995	1995/2008	>2008	
BERG	140	97	96	106	116	113
BETZDORF	140	97	96	106	116	118
MENSDORF	140	97	96	106	116	108
OLINGEN	140	97	96	106	116	110
ROODT-SUR-SYRE	140	97	96	106	116	106
<b>Gesamt</b>	<b>140</b>	<b>97</b>	<b>96</b>	<b>106</b>	<b>116</b>	<b>108</b>

## 4.2 Industrie und Gewerbe

Für die Industrie- und Gewerbebetrieben war es schwierig Informationen über Einsparpotentiale zu beschaffen. Die Verbrauchsdaten sind vertraulich und können nicht publiziert werden. Es konnten keine Einsparpotentiale ermittelt werden.

## 4.3 Gemeindegebäude

Für die Gemeinde wurde ein Sanierungsplan für die Wärmeinsparungen ausgearbeitet. In 2013 lag der Wärmeverbrauch der kommunalen Gebäude bei 2.321 MWh/a. Der durchschnittliche spezifische Wärmeverbrauch lag bei 101 kWh/(m<sup>2</sup>\*a). Die Verbrauchsdaten für 2012 waren nicht vollständig für das ganze Jahr vorhanden, deshalb wurde auf die Daten von 2013 zurückgegriffen. Kurz- bis mittelfristig sind durch die Sofortmaßnahmen Wärmeinsparungen von 7% realisierbar. Der Wärmeverbrauch könnte um 163 MWh/a durch Sanierungsmaßnahmen gesenkt werden. Nach der Sanierung würde der durchschnittliche spezifische Wärmeverbrauch bei 94 kWh/(m<sup>2</sup>\*a liegen). Weitere Informationen befinden sich im Sanierungsplan.

## 4.4 Gesamt

Im Gemeindegebiet könnten insgesamt 20.928 MWh/a Wärme eingespart werden (Tabelle 48). Der Wärmeverbrauch könnte gegenüber von 2012 um 28,2 % gesenkt werden.

Tabelle 48: Realisierbare Wärmeeinsparungen in der Gemeinde Betzdorf

Verbrauchergruppe	Einsparmenge kWh	Einsparziel
Privathaushalte	20 765 634	45,2%
Industrie und Gewerbe	-	
Gemeindegebäude	162 761	7,0%
<b>Gesamt</b>	<b>20 928 395</b>	<b>28,2%</b>

## 5 Stromeinsparungen

### 5.1 Privathaushalte

In den Privathaushalten lassen sich durch einfache Maßnahmen Stromeinsparungen realisieren. Mit folgenden Maßnahmen kann Strom ohne große Investitionskosten eingespart werden:

- Vermeidung von Standby-Verbräuchen welche mittlerweile bis zu 5% vom Stromverbrauch von Privathaushalten ausmachen
- Austausch einer Heizungspumpe durch eine Energieeffizienzpumpe
- Austausch von Haushaltsgeräten durch energieeffizientere Geräte

Tabelle 49: Stromeinsparmaßnahmen und Stromeinsparungen in den Privathaushalten

Maßnahmen	%	kWh/a
Ausschalten von Standby-Geräte	2,4%	144 374
Austausch von Zirkulationspumpen	2,0%	118 599
Austausch von Haushaltgeräten	3,1%	183 888
Anschluss der Spülmaschine an das Warmwasser	0,8%	45 523
<b>Gesamt</b>	<b>8,2%</b>	<b>492 384</b>

In der Gemeinde könnten in den Privathaushalten insgesamt 492.384 kWh/a Strom eingespart werden (Tabelle 49). Dies würde dem Jahresstromverbrauch von 98 Einfamilienhäusern entsprechen.

### 5.2 Industrie und Gewerbe

Für die Industrie- und Gewerbebetrieben war es schwierig Informationen über Einsparpotentiale zu beschaffen. Die Verbrauchsdaten sind vertraulich und können nicht publiziert werden. Es konnten keine Einsparpotentiale ermittelt werden.

### 5.3 Gemeindegebäude und -einrichtungen

Der Stromverbrauch in den Gemeindegebäuden und -einrichtungen lag in 2013 bei insgesamt 675 MWh/a. Der Stromverbrauch von 2012 lag nicht vollständig vor. Im Anhang 7 befindet sich eine detaillierte Liste der Gebäude mit den Stromverbräuchen.

Es wird davon ausgegangen, dass Einsparungen von 10% des Stromverbrauchs möglich sind. Es könnten insgesamt 45.248 kWh/a eingespart werden. Diese Einsparungen wären durch einfache Maßnahmen, wie beispielsweise den Austausch von Heizungspumpen, Energiesparlampen oder Austausch von Elektronikgeräten möglich.

## 5.4 Öffentliche Beleuchtung

In 2012 lag der Stromverbrauch für die öffentliche Beleuchtung in der Gemeinde Betzdorf bei 226.239 kWh. Der Austausch der alten Leuchten durch LED-Technik bietet eine Möglichkeit den Stromverbrauch zu senken. In der Gemeinde Betzdorf wurden bereits in der *Rue du Château* in Berg LED-Leuchten installiert.

In der Straßenbeleuchtung sind Natriumhochdrucklampen bevorzugter Standard. Sie haben in der Regel eine höhere Leuchtmittleffizienz und einen niedrigeren Anschaffungspreis als LED. Gegenüber der LED-Technik haben sie jedoch höhere Streuverluste und eine geringere Lebensdauer.

LED-Leuchten haben eine Lebensdauer von bis zu 60.000 Stunden, was zu geringeren Wartungskosten führt. Sie kann sich jedoch durch unzureichende Wärmeabfuhr verkürzen. Ein weiterer Vorteil ist, dass LED-Leuchten dimmbar sind. Der Lichtstrom kann zwischen 0% und 100% variiert und den Bedürfnissen angepasst werden.

Dank dem schnellen Einschaltverhalten und der Unempfindlichkeit gegen hohe Schaltheufigkeiten gegenüber von anderen Leuchten lässt sich die LED-Technik gut mit Bewegungsmeldern kombinieren. Es können dynamische Straßenbeleuchtungen realisiert werden, bei denen Detektoren die Verkehrsteilnehmer erfassen und das Licht bedarfsgerecht anpassen. Durch den effizienten Einsatz der Lichtmenge, kann zusätzlich Strom eingespart werden und gleichzeitig die Lichtemissionen verringert werden.

Der Umstieg auf die LED-Technik muss sorgfältig geplant werden. Bei der Wahl der LED-Leuchten müssen verschiedene Qualitätskriterien berücksichtigt werden. Die Modularität spielt eine wichtige Rolle. Die einzelnen Komponenten sollen bei Defekt austauschbar sein, ohne die gesamte Leuchte ersetzen zu müssen. Neben der Modularität muss auf die Garantie der Leuchte und die Liefergarantie der Ersatzteile geachtet werden.

Was die Investitionskosten der LED-Leuchten betrifft, ist der Anschaffungspreis in der letzten Zeit deutlich gesunken. Die Wirtschaftlichkeit des Einsatzes von LED-Leuchten ist im Einzelfall einer kritischen Prüfung zu unterziehen. Nicht nur die Energieeffizienz sondern auch die Gesamtleistung der Anlage (kW/km) hat einen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit einer Straßenbeleuchtungsanlage. Erst durch wirkungsvolle Ausnutzung der Eigenschaften der LED wie effiziente Lichtlenkung, Einsatz von modernen Steuerungstechnologien und damit verbunden die Möglichkeit des stufenlosen Anpassens der Helligkeit sind gegenüber herkömmlichen Leuchtmitteln und Leuchten nennenswerte Stromeinsparungen möglich.

Die Energieeffizienzanforderungen an die Straßenbeleuchtung werden in den nächsten Jahren verschärft. In der Verordnung (EG) Nr. 245/2009 wird vorgeschrieben, dass ab April 2015 alle Quecksilberdampflampen (HQL, HPL) aus dem Handel genommen werden und ab 2017 verschärfen sich noch die Anforderungen an die Energieeffizienz der Straßenbeleuchtung.

In dieser Studie wurde davon ausgegangen, dass die Leuchten die älter als 20 Jahre sind, ausgetauscht werden und nach und nach zur LED-Technik übergegangen wird. Das Einsparpotential wurde auf 20% des Stromverbrauchs für die öffentliche Beleuchtung festgelegt. Es könnten 45.248 kWh/a eingespart werden, was dem jährlichen Stromverbrauch von 9 Haushalten entsprechen würde.

## 5.5 Gesamt

In der Gemeinde könnten insgesamt 605 MWh/a Strom eingespart werden (Tabelle 50). Der gesamte Wärmeverbrauch könnte gegenüber von 2012 um 1,1 % gesenkt werden.

Tabelle 50: Realisierbare Stromeinsparungen in der Gemeinde Betzdorf

Verbrauchergruppe	Einsparmenge kWh	Einsparziel
Privathaushalte	492 384	8,2%
Industrie und Gewerbe	-	
öffentliche Beleuchtung	45 248	20,0%
Gemeindegebäude	67 535	10,0%
<b>Gesamt</b>	<b>605 167</b>	<b>1,1%</b>

## 6 Visualisierung der Potentiale

Die ermittelten Energiepotentiale erlauben eine Energieplanung (*Maßnahme 1.2.1 Klimapakt*) auf dem Gemeindegebiet. Es handelt sich um eine interaktive Karte mit den Vorzugsgebieten für die Nutzung von erneuerbarer Energieträgern und Abwärme. Neben den potentiellen Energiequellen wurden auch größere Energiesenken eingetragen. Zudem wurden auch die bestehenden und potentiellen Nahwärmenetze eingetragen. Die interaktive Karte enthält verschiedene Layer, die je nach Bedarf aktiviert und deaktiviert werden können. Die Energieplanung erlaubt es bei der Planung von neuen Projekten Synergien zwischen verschiedenen Akteuren in der Gemeinde zu schaffen und Energiepotentiale möglichst effizient zu nutzen.



Abbildung 35: Visualisierung der Potentiale in der Gemeinde Betzdorf

## 7 Projektskizze

Auf Basis der erneuerbaren Energie- und Einsparpotentiale wurden konkrete Projektvorschläge ausgearbeitet, die auf ihre Machbarkeit untersucht wurden. Im Folgenden wurden die verschiedenen Projektskizzen kurz zusammengefasst. Die detaillierten Projektskizzen befinden sich in separaten Dokumenten.

### 7.1 Erweiterung Biogasanlage in Betzdorf mit Wärmenutzung

In dieser Projektidee wurde die Leistung der bestehenden Biogasanlage in Betzdorf von 160 kW<sub>el</sub> auf 260 kW<sub>el</sub> gesteigert und ein Nutzungskonzept für die Überschusswärme, die derzeit nicht genutzt wird, erarbeitet. Ein möglicher Wärmekunde für die Überschusswärme stellt die soziale Betreuungseinrichtung dar. Der aktuelle Wärmebedarf beläuft sich auf 2.980.200 kWh<sub>th</sub> und wird mittels Erdgas BHKW und zwei Kessel bereitgestellt.

Für die Erweiterung der bestehenden Biogasanlage auf 260 kW<sub>el</sub> wird angenommen, dass mehr Energiepflanzen in der Anlage verwertet werden. Bauliche Veränderungen an der Anlage sind nicht notwendig.

Das Wärmenetz hat eine Länge von 1.075 m und damit können jährlich 1.315.145 kWh<sub>th</sub> an die soziale Einrichtung geliefert werden. Dadurch sinkt die Wärmeproduktion in der Energiezentrale auf der Seite des Verbrauchers um 44,1%.

Die Investitionskosten für die Wärmenetzanbindung liegen bei 392.572 € und die konservative Annahme wurde getroffen, dass keine Investitionsbeihilfen zur Verfügung stehen würden.

Die Wirtschaftlichkeitsanalyse ergab, dass durch eine Wärmenetzanbindung der Biogasanlage an die soziale Einrichtung, sich die Erträge vom Strom und die Kosten der Wärme verringern. Trotzdem ist eine Verringerung der Gesamtkosten in Höhe von 33.000 €/a bei der aktuellen Heizzentrale ist zu verzeichnen.

Die Biogasanlage bekommt Anspruch auf die Wärmeprämie in Höhe von 30 €/MWh<sub>th</sub> und dadurch 41.300 €/a Mehreinnahmen.

Die jährliche Reduktion an CO<sub>2</sub>-Emission beläuft sich auf 292 t CO<sub>2</sub> Äq. Diese entspricht einem Anteil von 2,61 % vom Gesamtreduktionspotential bei den CO<sub>2</sub>-Emissionen. Die Steigerung bei der Stromproduktion (846.108 kWh/a) trägt zu 5,22% bei der Gesamtbilanz aus erneuerbaren Energien bei. Die verwertete Wärmeenergie hat einen Anteil von 8,09 % in der Gesamtwärmebilanz.

## 7.2 Projektskizze: Biogasanlage Berg

In dieser Projektidee wurde ein Nutzungskonzept für die Überschusswärme der Biogasanlage in Berg, die derzeit nur teilweise genutzt wird, erarbeitet. Mögliche Wärmekunden für die Überschusswärme stellen potentielle Neubauten in direkter Nähe zu dem bestehendem Wärmenetz dar. Die detaillierte Projektskizze befindet sich im Anhang.

Die Biogasanlage hat eine elektrische Leistung von 180 kW<sub>el.</sub> und ein Teil der Überschusswärme wird zurzeit schon zum Beheizen von Gebäude genutzt. Der Wärmebedarf des aktuellen Nahwärmenetzes liegt bei 625.000 kWh<sub>th</sub>/a und wird durch das BHKW und ein Spitzenlastkessel gedeckt.

In der aktuellen Konstellation von Biogasanlage und Spitzenkessel, lassen sich noch 10 zusätzliche Einfamilienhäuser mit Wärme versorgen. Der Wärmebedarf steigt auf 1.025.000 kWh<sub>th</sub>/a. Dafür muss das bestehende Wärmenetz um 170 m verlängert werden. 749.579 kWh/a an Biogaswärme können danach verwertet werden.

Die gesamten Investitionskosten für das Vorhaben liegen bei 101.448 € und ein Anspruch auf Beihilfe besteht nicht.

Die Erweiterung der Wärmeleitung wird auf ihre Wirtschaftlichkeit überprüft. Im Vergleich zu den Heizkosten mittels Heizöl, für ein Einfamilienhaus bei einen jährlichem Heizölbedarf von 4.000 Liter, lassen sich die aktuellen Heizkosten bei einer Wärmenetzanbindung um 2.280 €/a verringern.

Der Gewinn seitens der Biogasanlage, steigt um 19.895 €/a, bei der Erweiterung des Wärmenetzes nach dieser Projektidee.

Die jährliche Reduktion an CO<sub>2</sub>-Emission beläuft sich auf 88 t CO<sub>2</sub> Äq. und entspricht 0,78 % vom Gesamtreduktionspotential. Die Stromproduktion bleibt identisch und trägt nicht zu einer Verbesserung der Strombilanz bei. Durch die Erweiterung der Wärmeleitung lassen sich zusätzliche 292.519 kWh/a valorisieren und trägt zu 1,8 % bei der Wärmebilanz aus erneuerbaren Energie bei.



### 7.3 Projektskizze: Energiezentrale mit Wärmenetz in Olingen

An dieser Stelle wurde die Projektidee einer landwirtschaftlichen Biogasanlage in Kombination mit einem Holzhackschnitzelheizwerk in Olingen ausgearbeitet um einem Teil des Restpotentials an Biomasse von der Kommune zu verwerten. Die detaillierte Projektskizze befindet sich im Anhang.

Seit Anfang von dieser Studie war ein Anschluss von Olingen an das nationale Erdgasnetz in naher Zukunft geplant. Zu dem jetzigen Zeitpunkt haben jedoch bereits die ersten Baumaßnahmen zur Verlegung des Gasnetzes in der Ortschaft begonnen. Die Verlegung eines Wärmenetzes müsste parallel mit den Baumaßnahmen zur Verlegung des Erdgasnetzes erfolgen. Eine zeitgleiche Verlegung der Leitungen hätte den Vorteil, dass die Straßen nur einmal aufgerissen werden müssen. Eine nachträgliche Verlegung der Wärmeleitung nach dem Erdgasnetz würde bedeuten, dass die Straßen wieder geöffnet werden müssten und dies ist aus ökonomischer Sicht nicht zu vertreten.

Bei einer doppelten Versorgungsstruktur, bestehend aus Erdgasnetz und Wärmenetz muss man sich jedoch von der Konkurrenzsituation bei der Energiebereitstellung bewusst sein. Der angenommene Anschlussgrad an das Wärmenetz wird sich dadurch wohl erst später einstellen.

Das Wärmeversorgungsgebiet hat laut Energiekataster ein Wärmebedarf von 2.752.645 kWh<sub>th</sub>/a und das Wärmenetz hat eine Gesamtlänge von 2.080 m.

Es wird davon ausgegangen, dass das Anschlussinteresse der Häuser bei 75% liegt. Der Wärmebedarf der Wärmeabnehmer liegt demnach bei 2.094.404 kWh<sub>th</sub>/a und wird durch das Rest-Energiepotential an Biomasse von der Gemeinde bereitgestellt.

Die Biogasanlage sichert die Grundheizlast ab und hat eine elektrische Leistung von 191 kW. Verwertet werden in der Biogasanlage hauptsächlich die NawaRo basiert auf dem Flächennutzungsszenario 3 und 50% des realisierbaren Potentials an verfügbaren Wirtschaftsdünger.

Die Spitzenheizlast wird durch ein Holzhackschnitzelheizwerk gesichert, die thermische Leistung beträgt 900 kW<sub>th</sub>. Die Hackschnitzel stammen aus Waldholz, holzartigem Landschaftspflegematerial sowie aus Alt- und Restholz. aus der Gemeinde.

Die gesamten Investitionskosten belaufen sich auf 2.839.268 €, abzüglich der Förderung durch das Wirtschaftsministerium liegen die Investitionskosten bei 2.500.185 € für die Projektskizze.

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung für die geplante Energiezentrale ergab unter den getroffenen Annahmen ein positives Resultat.

Die jährliche Reduktion an CO<sub>2</sub>-Emission beläuft sich auf 940 t CO<sub>2</sub> Äq. und entspricht 8,4 % vom Gesamtreduktionspotential. Die Stromproduktion liegt bei 1.495.697 kWh<sub>el</sub>/a. Diese Produktion der Biogasanlage trägt zu 9,23% bei der Gesamtbilanz aus erneuerbaren Energien bei. Durch die Energiezentrale lassen sich 2.094.404 kWh<sub>th</sub>/a an erneuerbare Wärmeenergie bereitstellen. Dies entspricht 12,88 % von der Gesamtwärmebilanz aus erneuerbaren Energie.

#### **7.4 Projektskizze: Energiezentrale Parc d'activité Syrdall**

Diese Projektidee einer landwirtschaftlichen Biogasanlage in Kombination mit einem Holzhackschnitzelheizwerk wurde außerhalb der Gemeinde Betzdorf ausgearbeitet. Die detaillierte Projektskizze befindet sich im Anhang.

Das Wärmeversorgungsgebiet besteht aus der Erweiterung der Industriezone Parc d'activité Syrdall. Mit dem restlichen Biomassepotential der Gemeinde ist eine Energiezentrale dimensioniert worden. Anhand von diesem Rest-Potential kann ein Wärmeversorgungsgebiet von 139.150 m<sup>2</sup> Brutto-Industriefläche versorgt werden. Der Wärmebedarf der Abnehmer beläuft sich auf 3.130.865 kWh/a. Die Spitzenheizlast beträgt 2.065 kW<sub>th</sub> und das geplante Wärmenetz hat eine Trassenlänge von 1.450 m.

Die Biogasanlage wird vorwiegend mit Wirtschaftsdünger sowie NawaRo, Altbrot und halmgutartiges Landschaftspflegematerial betrieben und soll die Grundlast abdecken. Für den Mittellastbereich kommt ein Holzhackschnitzelkessel (750 kW<sub>th</sub>) zum Einsatz und verarbeitet das Waldholz, das Landschaftspflegematerial und das Alt-/Restholz. Die Spitzenlast wird durch einen Erdgaskessel (950 kW<sub>th</sub>) abgesichert und der nur 7% der gesamten Wärmeproduktion darstellt.

Die gesamten Investitionskosten für die Energiezentrale samt Wärmenetz belaufen sich auf 4.332.551 €. Abzüglich der Förderung des Wirtschaftsministeriums liegen die Investitionskosten bei 3.570.441 €

Die genauen Kosten und Erträge werden in der Projektskizze erläutert. Die detaillierte Wirtschaftlichkeitsanalyse ergibt ein positives Resultat für die Energiezentrale.

Die jährlichen Reduktionen an CO<sub>2</sub>-Emissionen belaufen sich auf 1.311 t CO<sub>2</sub> Äq. und entsprechen 11,7 % vom Gesamtreduktionspotential. Die Stromproduktion (2,8 Mio. kWh/a) trägt zu 19,26% in der Gesamtbilanz aus erneuerbaren Energien von der Gemeinde Betzdorf bei. Die verwertete Wärmemenge von 3.130.873 kWh<sub>therm</sub>/a hat einen Anteil von 19,26 an der Gesamtwärmebilanz aus erneuerbaren Energie.

Dieser Projektskizze trägt insgesamt zu einer erheblichen Verbesserung der Bilanzen von der Gemeinde Betzdorf bei, obwohl das Potential außerhalb vom Gemeindegebiet verwertet wird.

## **7.5 Strategie für Neubaugebiete**

Um die Energiebilanz der Gemeinde nicht zusätzlich zu belasten und die gesetzten Energie- und klimapolitischen Ziele zu erreichen, muss bei der Planung von Neubaugebieten eine möglichst hohe Energieeffizienz der Gebäude und die Nutzung von erneuerbaren Energien vorgesehen werden. In dieser Projektskizze wurde ein Konzept für zukünftige Neubaugebiete ausgearbeitet. Die Strategie befindet sich in einem separaten Dokument.

## **7.6 Strategie für die Nutzung von Sonnenenergie in der Gemeinde Betzdorf**

Es wurde eine Strategie für die Nutzung von Sonnenenergie in der Gemeinde Betzdorf ausgearbeitet und befindet sich in einem separaten Dokument.

## **7.7 Sanierungsplan für die Gemeindegebäude**

In den kommunalen Liegenschaften wurde der energetische Zustand über eine Begehung der Gebäude ermittelt. Für jedes Gebäude wurden Schwachstellen identifiziert, konkrete Sofortmaßnahmen vorgeschlagen und die Investitionskosten beziffert. Die Maßnahmen wurden nach Wirtschaftlichkeit, Energie- und CO<sub>2</sub>-Einsparungen bewertet und einen Sanierungsplan aufgestellt. Der Sanierungsplan befindet sich in einem separaten Dokument.

## 8 Energieversorgung nach der Aktivierung der realisierbaren Potentiale

### 8.1 Stromversorgung

Durch die Aktivierung der realisierbaren Potentiale würde die lokale Stromproduktion durch erneuerbare Energien auf 13.743 MWh/a ansteigen (Tabelle 51). Das Photovoltaikpotential würde mit 43,6% zur regenerativen Stromproduktion beitragen. Der Ausbau der energetischen Nutzung von Biomasse würde zu 25,9% zur erneuerbaren Stromproduktion beitragen.

Der Stromverbrauch in der Gemeinde könnte durch Umsetzung von Einsparmaßnahmen in den Privathaushalten, in den kommunalen Gebäuden und öffentlichen Beleuchtung um 1,1 % gegenüber der Ausgangslage gesenkt werden.

Aus den ermittelten Strompotentialen, sowie unter der Voraussetzung wesentlicher Anstrengungen im Stromeinsparbereich wäre eine Deckung des Stromverbrauchs in der Gemeinde durch lokal erzeugte regenerative Energien von 24,7% möglich.

Tabelle 51: Bilanz der Stromversorgung nach der Aktivierung der realisierbaren Potentiale

			kWh/a	Anteil
Stromproduktion	Bestand	Photovoltaik	1 538 391	11,2%
		Biogas	2 658 136	19,3%
	Potential	Photovoltaik	5 989 463	43,6%
		Biogas	3 557 434	25,9%
	Gesamt		13 743 424	100,0%
Stromverbrauch	Gesamt 2012		56 160 741	
	Potential	Stromeinsparungen	- 605 167	-1,1%
	Voraussichtlicher Stromverbrauch		55 555 574	
Bilanz			41 812 150	
Deckungsgrad durch lokal erzeugten erneuerbaren Strom			24,7%	

## 8.2 Wärmeversorgung

Die Wärmeproduktion aus erneuerbaren Energiequellen könnte durch eine Mobilisierung der bislang ungenutzten realisierbaren Potentiale in den Bereichen Biogas, Solarthermie und Hackschnitzel auf 11.247 MWh/a ansteigen (Tabelle 52). Durch die Sanierungsmaßnahmen in den Privathaushalten und kommunalen Gebäuden könnte der Wärmeverbrauch in der Gemeinde auf 53.222 MWh/a sinken. Es wären Einsparungen von 28,2% gegenüber der Ausgangslage realisierbar.

Durch die Steigerung der Wärmeproduktion aus regenerativen Quellen sowie Einsparungen in den Privathaushalten und kommunalen Gebäuden könnten 21,1 % des Wärmeverbrauchs in der Gemeinde durch erneuerbare Energiequellen gedeckt werden.

Tabelle 52: Bilanz der Wärmeversorgung nach der Aktivierung der der Potentiale

			kWh/a	Anteil
Wärmeproduktion	Bestand	Hackschnitzel	292 052	2,6%
		Pellets	433 840	3,9%
		Erdwärme	180 000	1,6%
		Umweltwärme	42 857	0,4%
		Nahwärme mit erneuerbarem Brennstoff	684 748	6,1%
		Nahwärme der Biogasanlage	625 000	5,6%
		Brennholz	692 640	6,2%
		Solarthermie	454 536	4,0%
	Potential	Holz hackschnitzel	1 476 358	13,1%
		Biogas	4 965 380	44,1%
		Biogas Optimierung Bestand	400 000	3,6%
		Solarthermie	999 601	8,9%
	Gesamt		11 247 012	100,0%
Wärmeverbrauch	Gesamt 2012		74 150 093	
	Potential	Einsparung durch Sanierung	-20 928 395	-28,2%
	Voraussichtlicher Wärmeverbrauch		53 221 698	
Bilanz			41 974 686	
Deckungsgrad durch lokal erzeugte erneuerbare Wärme			21,1%	

### 8.3 CO<sub>2</sub>-Emissionen

In Folgenden wurden die CO<sub>2</sub>-Emissionen nach der gesamten Aktivierung der Potentiale berechnet und anschließend mit den CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Ausgangslage verglichen. Für die Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Zieljahr wurden die mit der Aktivierung der Potentiale verbundenen Einsparungen von den berechneten Emissionen in 2012 abgezogen. Durch den Ausbau der erneuerbaren Energien und der Durchführung von Energieeinsparungen würden in der Gemeinde Betzdorf insgesamt 8.587 t CO<sub>2</sub> Äq/a eingespart werden. Die Treibhausgasemissionen würden gegenüber der Ausgangslage um 31,3% gesenkt werden (Tabelle 53). Im Zieljahr würden die Emissionen bei 18.821 t CO<sub>2</sub> Äq./a liegen. Der Emissionsfaktor für Strom würde für das Gemeindegebiet auf 0,143 kg CO<sub>2</sub> Äq./kWh sinken. Der Emissionsfaktor für Wärme würde bei 0,204 kg CO<sub>2</sub> Äq./kWh liegen.

Tabelle 53: CO<sub>2</sub>-Einsparungen und Emissionen nach der Aktivierung der realisierbaren Potentiale

		Endenergie kWh/a	Emissionsfaktor kg CO <sub>2</sub> Äq./kWh	Emissionen t CO <sub>2</sub> Äq./a
<b>Stromversorgung</b>	<b>Potential</b>			
	Biogas	3 557 434	- 0,231	- 822,8
	Photovoltaik	5 989 463	- 0,231	- 1 385,3
	Stromeinsparungen	605 167	- 0,183	- 110,7
	<b>Gesamt</b>	<b>10 152 064</b>		- <b>2 318,8</b>
	<b>Im Zieljahr</b>	<b>55 555 574</b>	<b>0,143</b>	<b>7 956,2</b>
<b>Wärmeversorgung</b>	<b>Potential</b>			
	Biogas	3 548 149	- 0,231	- 819,8
	Abwärme Biogasanlagenbestand	400 000	- 0,231	- 92,4
	Hackschnitzel	1 476 358	- 0,196	- 289,4
	Solarthermie	999 601	- 0,231	- 231,0
	Wärmeinsparungen	20 928 395	- 0,231	- 4 835,6
	<b>Gesamt</b>	<b>6 424 108</b>		- <b>6 268,3</b>
	<b>Im Zieljahr</b>	<b>53 221 698</b>	<b>0,204</b>	<b>10 864,5</b>
<b>Gesamt</b>	<b>Im Zieljahr</b>	<b>108 777 272</b>		<b>18 820,7</b>
	<b>CO<sub>2</sub>-Einsparungen</b>		<b>31,3%</b>	<b>8 587,1</b>

In der Abbildung 36 werden die mit der erneuerbaren Energie- und Einsparpotentiale verbundenen CO<sub>2</sub>-Einsparungen graphisch dargestellt. Die größten CO<sub>2</sub>-Einsparungen, rund 17,6%, sind durch die Wärmeeinsparungen in den Privathaushalten und kommunalen Gebäuden möglich. Ein weiteres großes Einsparpotential steckt in der verstärkten Nutzung von Sonnenenergie. Durch den Ausbau der Biogasnutzung könnten 6,3 % der CO<sub>2</sub>-Emissionen von 2012 eingespart werden. Die Stromeinsparungen könnten 5,1 % der CO<sub>2</sub>-Emissionen von 2012 eingespart werden. Die Stromeinsparungen und die Nutzung von Holzhackschnitzel führen zu den geringsten CO<sub>2</sub>-Einsparungen.

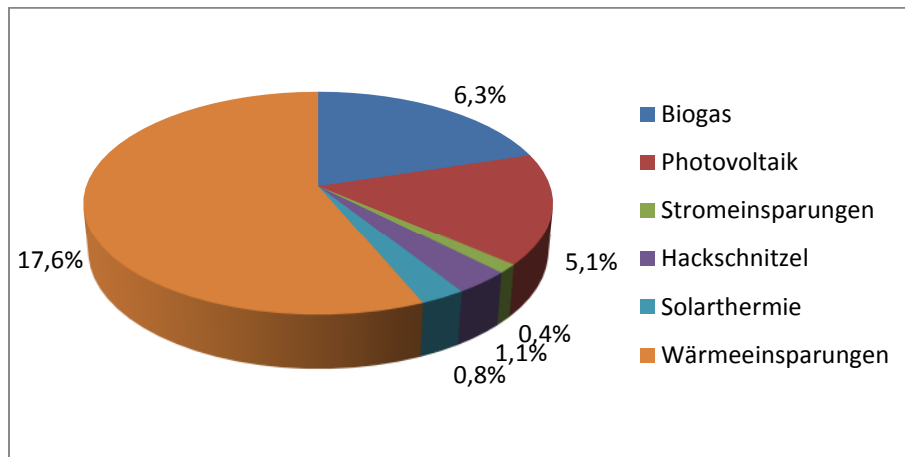


Abbildung 36: Treibhausgaseinsparungen durch die Aktivierung der realisierbaren erneuerbaren Energie- und Einsparpotentiale

## 9 Schlussfolgerung

Die Mitgliedschaft der Gemeinde im Klimabündnis und beim Klimapakt verlangt eine Beantwortung folgender Fragen:

- Welche energie- und klimapolitischen Ziele soll sich die Gemeinde in den nächsten Jahren geben?
- Auf welchen Energiebaustellen soll prioritär gearbeitet werden?
- Welche Strategie soll sich die Gemeinde für die Umsetzung geben?

Die Beschreibung der Ist-Situation in der Gemeinde zeigt, dass die industriellen und gewerblichen Betriebe eine dominierende Rolle beim Energieverbrauch spielen. Diese kann sich in Zukunft durch das sich in Aufbau befindende Datenzentrum noch weiter verstärken. Die Gemeinde sollte daher bei der Formulierung ihre energie- und klimapolitischen Ziele, den Sektor der Industrie- und Gewerbebetriebe ausklammern. Nur so könnten beispielsweise Anstrengungen beim Energieeinsparen in den Privathaushalten identifiziert und die Effekte umgesetzter Maßnahmen gemessen werden.

Durch den Anschluss der Ortschaften an das Erdgasnetz wurde bereits vor Jahren eine bestimmte strategische Ausrichtung der Energieversorgung im Bereich Wärme gewählt. Die Zielsetzungen müssen diesem Umstand Rechnung tragen um diesen „fossilen“ Zukunftseffekt möglichst abzufedern. Gleichzeitig sollte der vertragliche Spielraum mit dem Erdgasnetzbetreiber was die Mindestanschlussquoten an das Erdgasnetz angeht genutzt werden, um einen möglichst hohen Anteil an erneuerbarer Energie einzuführen. Durch die Konkurrenzsituation zum Erdgasnetz wird sich der weitere Ausbau der Biomassenutzung (Biogas und Holz) nicht über ausgedehnte Nahwärmenetze in der Fläche, sondern eher an geeigneten Orten mit größeren Wärmeabnehmern machen. Neubaugebiete sollten auch prioritär nicht an das Erdgasnetz angeschlossen werden, sondern die Verlegungskosten in eine verbesserte Qualität der Gebäudehülle umgelagert werden. Im Strategieplan wurde eine Projektskizze über eine mögliche Vorgehensweise bei der Energieversorgung von Neubaugebieten ausgearbeitet.



## **9.1 Empfehlungen für die Energieproduktion auf Basis erneuerbarer Energien**

### **9.1.1 Stromproduktion**

Im Strombereich liegen die größten Potentiale in den Bereichen Biogas und Solarenergie. Windenergie lässt sich leider aus Vogelschutzgründen nicht an den geeigneten Standorten in der Gemeinde realisieren. Den größten Spielraum bei der Stromproduktion hat die Gemeinde dabei mit Sicherheit im Bereich der Solarenergie. Die Machbarkeit von neuen Biogasprojekten ist stark abhängig von der Verwertung der Abwärme. Die in den Projektskizzen erarbeiteten Anlagen zeigen wie man das realisierbare Biomassepotential verwerten könnte. Sie sollten abrufbereit bleiben, wenn sich in Zukunft entsprechende Gelegenheiten konkretisieren würden. Die Projektskizze in Zusammenhang mit der Aktivitätszone Niederanven/Münsbach zeigt auch, dass sich bei Projekten nicht unbedingt auf die geographischen Gemeindegrenzen beschränkt werden soll. Auch wenn die energetische Verwertung der Biomasse auf dem Gebiet der Nachbargemeinde erfolgen würde, würde das damit verbundene Potential der Gemeinde Betzdorf angerechnet werden.

### **9.1.2 Biomasse**

In der Gemeinde Betzdorf wurden schon in der Vergangenheit erhebliche Anstrengungen unternommen um Biomasse energetisch zu verwerten. Bioenergie-Projekte wie die Biogasanlage in Berg oder die Holzhackschnitzelanlage in Roodt-sur-Syre unterstreichen den Willen der Gemeinde in diesem Bereich. In Zukunft gilt es auf dieser Basis weiterzuarbeiten. Möglichkeiten bieten sich eventuell auch in einem Ausbau der Holzlogistik, welche mit der Gemeinde Niederanven auf der Grundlage der bestehenden Zusammenarbeit erfolgen könnte.

Das Biogaspotential kann über eine weitere energetische Verwertung von Wirtschaftsdüngern und Energiepflanzen noch zusätzlich ausgebaut werden. Die noch nicht genutzte Abwärme der Biogasanlage in Betzdorf könnte durch die Versorgung des Institut St. Josphe's sinnvoll valorisiert werden. Diese Projektskizze zeigt ebenfalls, dass die BHKW-Anlage zurzeit noch zu einem gewissen Anteil an der Stromproduktion auf Gemeindegebiet beiträgt, jedoch spätestens nach dem Wegfallen der staatlich garantierten Einspeisevergütung verschwinden wird. Die erarbeitete Projektskizze der Wärmeleitung zum Institut St. Joseph zeigt eine Möglichkeit um von fossilen Energieträgern auf erneuerbare Energieträger umzusteigen.

Die Wärmeversorgung von zukünftigen Neubaugebieten, sollte mit dezentralen Energieversorgungskonzepten auf Basis von Solarenergie und Geothermie erfolgen.

### **9.1.3 Sonnenenergie**

Durch die Nutzung des realisierbaren Solarpotentials könnte man einen Teil des Stromverbrauchs decken. Über den Solarkataster wurde auf den Dachflächen zwischen Ost und West ein realisierbares Potential von über 10% des aktuellen Stromverbrauchs ermittelt. Wenn man davon ausgeht, dass ein gewisser Teil aus statischen Gründen, sowie durch Engpässe bei der Stromnetzkapazität wegfallen kann, so erkennt man trotzdem, dass der Solarstrom einen wichtigen Faktor bei der zukünftigen Stromversorgung in der Gemeinde spielen könnte.

## **9.2 Empfehlungen für das Erschließen der Einsparpotentiale**

### **9.2.1 Strombereich**

Im Bereich der Haushalte lassen sich durch das im Strategieplan beschriebene moderate Einsparszenario etwas mehr als 8 % des Stromverbrauchs einsparen. Dieses Handlungsfeld sollte auch in die strategische Ausrichtung mit einfließen und in Zukunft durch entsprechende Aktionen begleitet werden.

### **9.2.2 Wärmebereich**

Das erstellte Einsparszenario in den Privathaushalten zeigt das nicht unerhebliche Einsparpotential im Gebäudebestand. Dabei wurden alle als sinnvoll angesehene Maßnahmen als Komplettsanierungen bei den einzelnen Gebäuden berücksichtigt. In der Praxis wird sich die Umsetzung dieser Einsparpotentiale jedoch als schwieriger erweisen. Die Gemeinde müsste sich über die nächsten Jahre Einsparziele geben und diese durch gezielte Aktionen und Kampagnen versuchen in der Gemeinde zu erreichen. Dabei kann mit Hilfe des Energiekatasters gezielt vorgegangen werden. Dies gilt sowohl für die Zielgruppen als auch für die Art der Maßnahmen. Folgende Strategien wären z.B. möglich:

#### **9.2.2.1 Beispiel 1: Dachdämmprogramm**

Als wirtschaftlichste Maßnahme unter den Dämmmöglichkeiten bei zudem hohem Einsparwert (minimal 20% wenn vorher nicht gedämmt) macht ein Dachdämmprogramm besonders Sinn. Hier könnten die Besitzer älterer Gebäude (z.B. vor 1940) als erste angesprochen werden. Über spezielle und einmalig günstige Komplettpackages (Beratung, Ausführung, Finanzierung) sowie gegebenenfalls Gemeindebeihilfen könnte versucht werden eine breitere Umsetzung anzustoßen. Eine begleitende Öffentlichkeitsarbeit (Start, Zwischenstände, usw. ...) sollte unbedingt mit vorgesehen werden.

### **9.2.2.2 Beispiel 2: Dämmung der Heizungsrohre**

Als besonders günstige Maßnahme gilt die Dämmung der Heizungsrohre. In den meisten Fällen ist sie schlecht bis gar nicht ausgeführt. Auch hier müsste ein entsprechendes Package angeboten werden, welches die Umsetzungsschwelle senken würde. Diese Aktion würde sich auch sehr gut mit einer Kampagne zum Einbau stromsparender Heizungspumpen ergänzen lassen.

### **9.2.2.3 Beispiel 3: Dezentrale automatische Raumtemperaturregelung**

Die Kombination von modernen Raumtemperaturreglern zusammen mit motorisierten Thermostatventilen ermöglicht es die Räume eines Gebäudes gezielter dem individuellen Nutzungsprofil anzupassen und dadurch günstig und einfach Einsparungen zu erzielen.

### **9.2.2.4 Beispiel 4: Brennwertkessel und Hydraulischer Abgleich**

Durch den Anschluss aller Ortschaften an das Erdgasnetz ist zu erwarten, dass in Zukunft eine zunehmende Anzahl an Privathaushalten sich an das Erdgasnetz anschließen werden und ihren alte Heizölkessel durch einen Erdgaskessel ersetzen werden. Dieser Vorgang sollte mit einem verstärkten Beratungs- und Sensibilisierungsangebot begleitet werden, um die Haushalte dazu zu bewegen ein Maximum an Einsparpotentialen aus dieser Umrüstung zu gewinnen. Wichtige Punkte sind dabei:

- Umrüsten auf Brennwertkessel
- hydraulischer Abgleich des Heizungskreislaufs
- Senken der Vorlauftemperatur durch die eventuelle Installation von Niedertemperaturheizkörper
- Kombination mit einer thermischen Solaranlage

Die angegebenen Beispiele sollten so organisiert werden, dass sie sich bei der Umsetzung möglichst einfach mit einem Monitoring kombinieren lassen um den Erfolg messen zu können.

## 9.3 Zusammenfassung

### *Hauptaktivitätsbereiche:*

- Sonnenenergie (thermisch und Photovoltaik)
- Biomasse (Holz und Biogas)
- Einsparungen (Strom und Wärme)

### *Zielgruppen:*

- Gemeindegebäude
- Privathaushalte

### *Strategie*

Über den Sanierungsplan für die Gemeindegebäude sollte die Gemeinde Vorreiter für eine kommunale Einsparinitiative werden und als gutes Beispiel dienen.

Die Energieeinsparungen und die Nutzung der Sonnenenergie sind nur mit Hilfe der Privathaushalte möglich. Resultate lassen sich in diesen Bereichen nicht so einfach und schnell erzielen, wie z.B. der Bau der Holzhackschnitzelanlage in Roodt-sur-Syre. Um die Bürger zu motivieren, müssen strategische Partner mit einbezogen werden um bei der Umsetzung zu helfen (*myenergy*, Umweltkommission/Klimateam, Betriebe). Die durch den Klimapakt zu erwartenden finanziellen Beihilfen könnten als finanzielle Anreizinstrumente eingesetzt werden um die Umsetzung anzukurbeln.

Die Kommunikation der festgelegten Ziele sowie der Zwischenresultate sollte sehr intensiv betrieben werden, mit dem Ziel, dass es als großes gemeinsames kommunales Projekt identifiziert und wahrgenommen wird.

Der Strategieplan stellt nur den Anfang dar, die eigentliche Arbeit mit der Umsetzung fängt jetzt erst an.

## Literaturverzeichnis

Administration de l'Environnement (2010): Restabfallanalyse 2009/10 im Großherzogtum Luxemburg, Abfallwirtschaft im Großherzogtum Luxemburg, Band 2, Anhang, Luxemburg. URL: [http://www.environnement.public.lu/dechets/statistiques\\_indicateurs/anal\\_dech\\_ultimes\\_2009\\_10\\_annexe1.pdf](http://www.environnement.public.lu/dechets/statistiques_indicateurs/anal_dech_ultimes_2009_10_annexe1.pdf)

Administration de l'Environnement (2010): Rohstoff Abfall-Vorkommen und Erschließung in Luxemburg, URL: [http://www.environnement.public.lu/dechets/publications/Abfall\\_Rohstoffquelle\\_D/Abfall\\_PDF\\_D.pdf](http://www.environnement.public.lu/dechets/publications/Abfall_Rohstoffquelle_D/Abfall_PDF_D.pdf)

Administration de l'Environnement (2012): Daten zur Abfallwirtschaft im Großherzogtum Luxemburg 2010, Hausmüll und hausmüllähnliche Abfälle, Luxemburger Abfallwirtschaftsdatenbank, Luxemburg. URL: [http://www.environnement.public.lu/dechets/statistiques\\_indicateurs/LUXUS\\_Daten\\_2010.pdf](http://www.environnement.public.lu/dechets/statistiques_indicateurs/LUXUS_Daten_2010.pdf)

Administration des Eaux et Forêts (2006): Technisches Merkblatt zur Errichtung geeigneter Lagerhallen für die sachgerechte Zwischenlagerung von Holzhackschnitzeln, Luxemburg

Administration du Cadastre et de la Topographie (2013)

Agence de l'énergie (o.J.): Windatlas Luxemburg

Arbeitsgemeinschaft QM Heizwerke (2004) : Planungshandbuch, Schriftenreihe Qm Heizwerke, band 4, Straubing

Biever G. (2013) Plan national pour la protection de la nature, Plans d'actions espèces, Plan d'action, Milan royal – Rotmilan, *Milvus milvus*, Centrale ornithologique, Ministère du développement durable et des Infrastructure, Département de l'environnement

Bronner G. (2012): Bioenergie in Luxemburg - nachhaltig ausbauen, Landesnaturschutzverband Baden-Württemberg, im Auftrag von Mouvement Ecologique. URL: [http://www.oeko.lu/forcedownloadfile.php?file=Bioenergie\\_in\\_Luxemburg\\_Gutachten.pdf](http://www.oeko.lu/forcedownloadfile.php?file=Bioenergie_in_Luxemburg_Gutachten.pdf)

Creos (2013): Données de consommations et de productions de 2012, Commune de Betzdorf

Europäisches Parlament und Rat (2002): Verordnung (EG) Nr. 1774/2002 vom 3. Oktober 2002 mit Hygienevorschriften für nicht für den menschlichen Verzehr bestimmte tierische Nebenprodukte. URL: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/de/consleg/2002/R/02002R1774-20060401-de.pdf>

FNR (Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe e.V.) (2009): Biogas-Messprogramm II, 61 Biogasanlagen im Vergleich, 1. Auflage, Gülzow,

FNR (Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe e.V.) (2012a): Energiepflanzen für Biogasanlagen, Brandenburg, 1. Auflage, Gülzow

FNR (Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe e.V.) (2012): Hackschnitzelheizungen, Marktübersicht, 4. aktualisierte Auflage, Gülzow

Friehe J., Weiland P. & Schattauer A. (2010): Beschreibung ausgewählter Substrate. In: FNR (Hrsg.): Leitfaden Biogas, von Gewinnung zur Nutzung, 5. vollständig überarbeitete Auflage, Gülzow

Gemeindeverwaltung Betzdorf (2009): Kläranlage Betzdorf, Informationsbroschüre. URL: [http://www.betzdorf.lu/brochure\\_step\\_Betzdorf.pdf?FileID=publications%2Fbrochure\\_step\\_betzdorf.pdf](http://www.betzdorf.lu/brochure_step_Betzdorf.pdf?FileID=publications%2Fbrochure_step_betzdorf.pdf)

Gemeindeverwaltung Betzdorf (2011): Informationen zur Abfallentsorgung in unserer Gemeinde, Abfallentsorgung in der Gemeinde Betzdorf. URL: [http://www.betzdorf.lu/betzder\\_mullbrochure.pdf?FileID=publications%2Fbetzder\\_mullbrochure.pdf](http://www.betzdorf.lu/betzder_mullbrochure.pdf?FileID=publications%2Fbetzder_mullbrochure.pdf)

Hartmann H. (2001): Grundlagen der Feststoffverbrennung: Brennstoffzusammensetzung und Eigenschaften. In: Kaltschmitt, M., Hartmann H. (Hrsg.): Energie aus Biomasse, Berlin Heidelberg, S. 248-272.

Imhoff K. & Imhoff K. R. (1993): Taschenbuch der Stadtentwässerung, 28. verbesserte Auflage, Oldenbourg Verlag, München

Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (2007): Anhang 3 und Anhang 4 des 2. Zwischenberichtes für das Projekt, Regionale Strategie zur nachhaltigen Umsetzung der Biomasse-Nutzung (RUBIN) im Rahmen des Interreg III A Programm De Lux, Birkenfeld

Kalmes P., Wernicke S. & Berger M. (2006): Machbarkeitsstudie eines Biomassehofes in Luxemburg, im Auftrag von Administration des eaux et forêts, EFOR ingénieurs-conseils, Luxemburg

Kaltschmitt M., Streicher W., Wiese A. (2006): Erneuerbare Energien, Systemtechnik, Wirtschaftlichkeit, Umweltaspekte, 4. Auflage, Springer Verlag, Berlin-Heidelberg

Koster D. (2010): Energieholz im Kanton Redange, für die Gemeinden des Kantons, Centre de Recherche Public Henri Tudor, Centre de Ressources des Technologies pour l'Environnement, Esch-sur-Alzette

Koster D., Hild P. & Schmitt B. (2008): Biomasse-Potentiale im Kanton Rédange, eine Potentialbetrachtung im Rahmen des EU-Projektes SEMS, Centre de Recherche Public Henri Tudor, Centre de Ressources des Technologies pour l'Environnement, Esch-sur-Alzette. URL: [http://www.tudor.lu/sites/tudor/files/RAP-20081121-biomass-potential-redingen-v1\\_1.pdf](http://www.tudor.lu/sites/tudor/files/RAP-20081121-biomass-potential-redingen-v1_1.pdf)

KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V.) (2005): Faustzahlen für die Landwirtschaft, 13 Auflage, Darmstadt

KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V.) (2007): Faustzahlen Biogas, Darmstadt

Lëtzebuerger Natur- an Vulleschutzliga (o.J.a): Karte: WKA's und Fledermäuse

Lëtzebuerger Natur- an Vulleschutzliga (o.J.a): Karte: WKA's und Vögel

Ministère de l'Economie et du Commerce extérieur (2010): Luxemburger Aktionsplan für erneuerbare Energien, Luxemburg. URL: [http://www.eco.public.lu/documentation/rapports/Luxemburger\\_Aktionsplan\\_f\\_\\_r\\_erneuerbare\\_Energie.pdf](http://www.eco.public.lu/documentation/rapports/Luxemburger_Aktionsplan_f__r_erneuerbare_Energie.pdf)

Ministère du Développement durable et des Infrastructures (2012): Jahresbericht der Kläranlagenspezifischen Abfälle, Berichtsjahr 2011, Luxemburg. URL: [http://www.environnement.public.lu/dechets/statistiques\\_indicateurs/boues\\_d\\_epuration\\_2011.pdf](http://www.environnement.public.lu/dechets/statistiques_indicateurs/boues_d_epuration_2011.pdf)

Service d'Economie rurale (2013): Produzierte Mengen Marktfrucht- und Futterbau, Luxemburg

Statec (Institut national de la statistique et des études économiques du Grand-Duché du Luxembourg) (2007): Landwirtschaftliche Zählung vom Mai 2007, vorläufige Ergebnisse, Luxemburg

Statec (Institut national de la statistique et des études économiques du Grand-Duché du Luxembourg) (2012a): Annuaire statistique 2012, Luxemburg

Statec (Institut national de la statistique et des études économiques du Grand-Duché du Luxembourg) (2012b): Listes des entreprises, Commune de Betzdorf, Luxemburg



---

Statec (Institut national de la statistique et des études économiques du Grand-Duché du Luxembourg) (1995): Superficie forestière par canton et commune 1995. URL:

## Anhang

### Anhang 1: Beschreibung der Biogasanlage in Berg



Abbildung: Biogasanlage in Berg

Die Biogasanlage liegt in unmittelbarer Nähe der Ortschaft Berg und wird seit 2001 betrieben. Sie wurde 2010 erweitert. Es handelt sich um eine landwirtschaftliche Biogasanlage mit einer aktuell installierten elektrischen Leistung von 180 kW<sub>el</sub>. Die Abbildung zeigt die Biogasanlage in Berg und die benachbarten Stallungen.

Bei der Anlage handelt es sich um eine mehrstufige Nassvergärungsanlage, die nach dem kontinuierlichen Durchflussverfahren arbeitet. Sie umfasst einen Fermenter und einen Nachgärer mit einem Nutzvolumen von je 800 m<sup>3</sup>, die im mesophilen Bereich betrieben werden. Zur Lagerung der Gärrückstände wurde ein Endlager mit einer Lagerkapazität von 2.014 m<sup>3</sup> errichtet. Die Beschickung des Fermenters mit festen Substraten erfolgt durch ein Feststoffeintragssystem von 30 m<sup>3</sup> mit Abschiebeboden. Die festen Substrate werden in regelmäßigen Zeitintervallen durch eine Rohrschnecke in den oberen Bereich des Fermenters eingebracht. Die flüssigen Substrate werden in einer Vorgrube mit einem Fassungsvermögen von 80 m<sup>3</sup> zwischengelagert bevor sie in den Fermenter gepumpt werden.

In der Biogasanlage werden vorwiegend NawaRo und Wirtschaftsdünger vergoren. Auf dem Standort der Biogasanlage befinden sich zwei Fahrsilos zur Lagerung der NawaRo. Außerdem werden unbedenkliche Abfälle vergoren. Zu diesen Abfällen zählen Grünschnitt und Altbrot, sie machen 45,5 Gew.% der jährlichen verwerteten Substrate aus (Tabelle A 1).

Tabelle A 1: Substratzusammensetzung, jährliche Biogas- und Energieproduktion der Biogasanlage in Berg

Substrat	Frischmasse [t/a]	TS-Gehalt [%]	TS-Masse [tTS/a]	TS-Gehalt [%]	TS-Masse [tTS/a]	spez. Biogasertrag [Nm <sup>3</sup> /toTS]	Biogasmenge [m <sup>3</sup> /a]	CH <sub>4</sub> -Gehalt [%]	Energiegehalt [kWh/a]
Rindermist	800,0	25,0	200,0	80,0	160,0	450,0	72.000	55,0	396.000
Schweinegülle	2.100,0	0,0	230,1	80,0	184,1	470,0	31.584	60,0	189.504
Gras	365,0	35,0	127,8	88,0	112,4	560,0	62.955	52,0	327.367
Silomais	365,0	32,5	118,6	96,0	113,9	600,0	68.328	52,0	355.306
Brotabfälle	912,5	65,0	593,1	97,0	575,3	760,0	437.252	53,0	2.317.434
Grünschnitt	365,0	33,6	122,6	66,6	81,7	260,0	21.236	62,0	131.665
<b>Gesamt</b>	<b>4.907,5</b>	<b>28,4</b>	<b>1392,2</b>	<b>89,1</b>	<b>1.227,4</b>		<b>693.355</b>	<b>53,6</b>	<b>3.717.276</b>

Nach der Vergärung der Substrate werden die Gärrückstände bis zur Feldausbringung in dem Endlager zwischengelagert. Es fallen jährlich rund 4.075 m<sup>3</sup> Gärrest in der Biogasanlage an (Tabelle A 2).

Tabelle A 2: Berechnung des Gärrestanfalls in der Biogasanlage in Berg über die Differenz zwischen der zugeführten Frischmasse und der Biogasproduktion

Input Fermenter [kg FM/d]	Biogasproduktion [m <sup>3</sup> /d]      [Kg/d]		Gärrestanfall [kg FM/d]      [t FM/a]	
13.445	1.900	2.280	11.165	4.075,2

Das entstandene Biogas wird in einem Blockheizkraftwerk mit Gasmotor verstromt. Es befindet sich rund 400 Meter von der Biogasanlage entfernt auf dem landwirtschaftlichen Betrieb des Betreibers. Die technischen Daten des Blockheizkraftwerkes sind in der Tabelle A 3 zusammengefasst.

Tabelle A 3: Technischen Daten des Blockheizkraftwerkes der Biogasanlage in Berg

BHKW Biogasanlage Berg		
Elektrische Leistung	[kW]	180
Thermische Leistung	[kW]	213
Elektrischer Wirkungsgrad	[%]	38,60%
Thermischer Wirkungsgrad	[%]	45,60%

Das Blockheizkraftwerk hat eine jährliche Laufzeit von 7.971 Volllaststunden. Die Stromproduktion liegt bei 1.435 MWh<sub>el</sub>/a. Die Wärmeversorgung der Fermenter ist durch eine Wärmeleitung gesichert. Der Prozesswärmebedarf liegt bei 25% der produzierten Wärme.

Ein Teil der Überschusswärme wird in diversen Gebäuden zur Beheizung und zur Warmwasserbereitstellung genutzt. Der Wärmebedarf des Nahwärmenetzes liegt bei 625.000 kWh<sub>th</sub>/a und wird zu 85% durch die Abwärme des Blockheizkraftwerkes gedeckt (Tabelle A 4). Die Spitzenlast wird durch einen mit Heizöl befeuerten Spitzelkessel mit einer thermischen Leistung 575 kW<sub>th</sub> gedeckt. Der jährliche Heizölbedarf beträgt ca. 9.735 Liter (15,6% vom Gesamtwärmebedarf).

Tabelle A 4: Jährliche Energieproduktion der Biogasanlage in Berg

Biogasanlage in Berg		
Biogasproduktion	[m <sup>3</sup> /a]	693.355
Energiemenge Biogas	[kWh/a]	3.717.276
Methangehalt (durchschnitt)	[%]	53,61
Laufzeit BHKW	[h/a]	7.971
Produzierte elektrische Energie	[kWh <sub>el</sub> /a]	1.434.869
Produzierte Wärme	[kWh <sub>th</sub> /a]	1.695.078
Prozesswärme (25%)	[kWh <sub>th</sub> /a]	423.769
Wärmebedarf der Abnehmer	[kWh <sub>th</sub> /a]	625.000
Wärmeverwertung BGA	[kWh <sub>th</sub> /a]	527.650
Wärmenetzverluste (BGA)	[kWh <sub>th</sub> /a]	150.878
Überschusswärme (ohne Verwertung)	[kWh <sub>th</sub> /a]	592.780

Die Heizlast der Wärmeabnehmer ist nur für das Gemeindehaus bekannt. Für die soziale Einrichtung, die für Schulungen und sonstige Aktivitäten genutzt wird, werden 1.000 Jahresbenutzungsstunden angenommen, für die Wohnhäuser werden 1.900 Benutzungsstunden angenommen. Die Heizlast der Wärmeabnehmer beträgt 646 kW<sub>th</sub>.

## Anhang 2: Beschreibung der Biogasanlage in Betzdorf

Die landwirtschaftliche Biogasanlage liegt außerhalb von Betzdorf und hat eine installierte elektrische Leistung von 160 kW<sub>el</sub> (Abbildung A 1). Sie ist seit 2003 in Betrieb.



Abbildung A 1: Biogasanlage in Betzdorf

Es handelt sich um eine mehrstufige Anlage bestehend aus einem Fermenter und einem Nachgärer mit einem Nettofassungsvermögen von jeweils 647 m<sup>3</sup>. Die Nassvergärung findet unter mesophilen Bedingungen statt. Zur Lagerung der Gärrückstände steht ein offenes Endlager mit einem Fassungsvermögen von 2.168 m<sup>3</sup> zu Verfügung.

Als Einbringtechnik für die festen Substrate wird ein System bestehend aus einem Vertikalmischer und einem Abschiebecontainer benutzt. Das Fassungsvermögen des Bunkers liegt bei 80 m<sup>3</sup>. Die flüssigen Substrate werden in einer Vorgrube mit einem Fassungsvermögen von 150 m<sup>3</sup> gelagert, bevor sie in den Fermenter gepumpt werden.

Es stehen drei Fahrtilos zur Lagerung von landwirtschaftlichen Biomassen zur Verfügung. Zudem gibt es ein Silo für unbedenkliche organische Abfälle. In der Biogasanlage werden ausschließlich NawaRo und Wirtschaftsdünger vergoren. Der Wirtschaftsdüngeranteil liegt bei 40 Gew.% (Tabelle A 5). Über die verwerteten Substrate wird die jährliche Biogasproduktion der Anlage errechnet. Die Biogasproduktion der Biogasanlage in Betzdorf liegt bei 566.600 Nm<sup>3</sup>/a, was einer Energiemenge von 2.985 MWh/a entspricht.

Tabelle A 5: Substratzusammensetzung, jährliche Biogas- und Energieproduktion der Biogasanlage in Betzdorf

Substrat	Frischmasse [t/a]	TS-Gehalt [%]	TS-Masse [t TS/a]	oTS-Gehalt [%]	oTS-Masse [t TS/a]	Spez. Biogasertrag [Nm <sup>3</sup> /t oTS]	Biogasmenge [Nm <sup>3</sup> /a]	CH <sub>4</sub> -Gehalt [%]	Energiemenge [kWh/a]
Rindergülle	1.000	8,0	80,0	80,0	64,0	280	17.920	55	98.560
Festmist	800	25,0	200,0	80,0	160,0	450	72.000	55	396.000
Gras	1.000	35,0	350,0	88,0	308,0	560	172.480	52	896.896
Silomais	1.500	32,5	487,5	96,0	468,0	600	280.800	52	1.460.160
Sonnenblumen	200	25,0	50,0	90,0	45,0	520	23.400	57	133.380
Gesamt	4.500	25,9	1.167,5	89,5	1.045,0		566.600	52,68	2.984.996

Die Gärreste werden in einem offenen Endlager (Volumen: 2.168 m<sup>3</sup>) gelagert bis eine Ausbringung auf die landwirtschaftlichen Flächen erfolgt. Der jährliche Gärrestanfall beläuft sich auf 3.820,1 m<sup>3</sup>/a (Tabelle A 6).

Tabelle A 6: Gärrestanfalls in der Biogasanlage in Betzdorf

Input Fermenter [kg FM/d]	Biogasproduktion		Gärrestanfall	
	[m <sup>3</sup> /d]	[kg/d]	[kg FM/a]	[t FM/a]
12.329	1.552	1.863	10.466	3.820,1

Das erzeugte Biogas wird in zwei Blockheizkraftwerken mit Zündstrahlmotor verstromt. Die technischen Spezifikationen sind in Tabelle A 7 dargestellt.

Tabelle A 7: Technische Daten der installierten Blockheizkraftwerke der Biogasanlage in Betzdorf

BHKW		1	2
Elektrische Leistung	[kW <sub>el</sub> ]	80	80
Thermische Leistung	[kW <sub>th</sub> ]	95	95
Elektrischer Wirkungsgrad	[%]	37	37
Thermischer Wirkungsgrad	[%]	44	44
Zündölbedarf	[l/h]	2,1	2,1

Die jährliche Stromproduktion beläuft sich auf 1.223 MWh<sub>el</sub> (Tabelle A 8). Der Prozessenergiebedarf wird auf durchschnittlich 15% der produzierten Wärme festgelegt. Für die Überschusswärme besteht zurzeit kein Nutzungskonzept.

Tabelle A 8: Jährliche Energieproduktion der Biogasanlage in Betzdorf

Biogasanlage in Betzdorf		
Biogasproduktion	[Nm <sup>3</sup> /a]	566.600
Energiemenge Biogas	[kWh/a]	2.984.996
Methangehalt (durchschnitt)	[%]	52,68
Laufzeit BHKW	[h/a]	7.646
Zündölbedarf	[l/a]	32.113
Energiemenge Zündöl	[kWh/a]	321.132
Energiemenge gesamt	[kWh/a]	3.306.128
Produzierte elektrische Energie	[kWhel/a]	1.223.267
Produzierte Wärme	[kWhth/a]	1.313.398
Prozesswärme (15%)	[kWhth/a]	197.010
Überschusswärme	[kWhth/a]	1.116.389

Der Betreiber plant zurzeit an einer Erweiterung von der Biogasanlage auf eine elektrische Leistung von 260 kW. Eine detaillierte Beschreibung von diesem Vorhaben wird in der Projektskizze im Anhang erläutert.

### Anhang 3: Berechnung des Waldholzpotentials

Gemeinde-/Staatswald	Einheit	Nadelwald Kiefer	Nadelwald Douglasie	Nadelwald Fichte	Nadelwald gemischt	Laubwald Buche	Laubwald Eiche	Laubwald gemischt	Edellaubholz	Pappeln	Sonstige Forstflächen	Gesamtfläche
Waldfläche	[ha]	1,0	2,4	8,3	5,8	162,2	204,0	308,4	8,7	0,7	41,5	<b>743,0</b>
Anteil an Gesamtfläche	[%]	0,1	0,3	1,1	0,8	21,8	27,5	41,5	1,2	0,1	5,6	<b>100,0</b>
Jährlicher durchschnittlicher Zuwachs	[m <sup>3</sup> /ha*a]	8,1	18,0	16,8	14,7	11,2	7,7	9,1	8,6	20,0	1,5	
Hiebsatz (70% des Zuwachses)	[m <sup>3</sup> /ha*a]	5,7	12,6	11,7	10,3	7,8	5,4	6,4	6,0	14,0	1,1	
Holzertrag	[m <sup>3</sup> /a]	5,7	30,6	97,1	59,4	1.269,4	1.102,5	1.964,3	52,4	10,1	43,6	<b>4.635,1</b>
Schwachholanteil	[%]	25	25	25	25	40	40	40	25	100	100	
Starkholanteil	[%]	75	75	75	75	60	60	60	75	-	-	
Schwachholzanfall	[m <sup>3</sup> /a]	1,4	7,7	24,3	14,9	507,8	441,0	785,7	13,1	10,1	43,6	<b>1.849,5</b>
Starkholzanfall	[m <sup>3</sup> /a]	4,3	23,0	72,9	44,6	761,6	661,5	1.178,6	39,3	-	-	<b>2.785,7</b>
Anteil stoffliche Verwertung am Schwachholzanfall	[%]	50	50	50	50	50	50	50	50	-	-	
Schwachholzanfall für stoffliche Verwertung	[m <sup>3</sup> /a]	0,7	3,8	12,1	7,4	253,9	220,5	392,9	6,6	-	-	<b>897,9</b>
Anteil energetische Verwertung am Schwachholzanfall	[%]	50	50	50	50	50	50	50	50	100	100	
Schwachholzanfall für energetische Verwertung	[m <sup>3</sup> /a]	0,7	3,8	12,1	7,4	253,9	220,5	392,9	6,6	10,1	43,6	<b>951,6</b>
Heizwert H <sub>u</sub>	[kWh/Srm]	857	820	760	750	1.065	1.080	1.073	1.000	720	750	
Energieholzertrag	[Srm/a]	1,8	9,6	30,4	18,6	634,7	551,2	982,1	16,4	25,2	109,0	<b>2.378,9</b>
Mobilisierungsgrad	[%]	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	
Energieholzertrag	[Srm/a]	1,7	9,1	28,8	17,6	603,0	523,7	933,0	15,6	23,9	103,6	<b>2.260,0</b>
<b>Energiepotential</b>	<b>[kWh/a]</b>	<b>1.459</b>	<b>7.454</b>	<b>21.917</b>	<b>13.230</b>	<b>642.146</b>	<b>565.567</b>	<b>1.000.664</b>	<b>15.566</b>	<b>17.237</b>	<b>77.674</b>	<b>2.362.914</b>

Privatwald	Einheit	Nadelwald Kiefer	Nadelwald Douglasie	Nadelwald Fichte	Nadelwald gemischt	Laubwald Buche	Laubwald Eiche	Laubwald gemischt	Edellaubholz	Pappeln	Sonstige Forstflächen	Gesamtfläche
Waldfläche	[ha]	0,2	0,5	1,6	1,1	31,2	39,2	59,3	1,7	0,1	8,0	<b>142,9</b>
Anteil an Gesamtfläche	[%]	0,1	0,3	1,1	0,8	21,8	27,5	41,5	1,2	0,1	5,6	<b>100,0</b>
Jährlicher durchschnittlicher Zuwachs	[m <sup>3</sup> /ha*a]	8,1	18,0	16,8	14,7	11,2	7,7	9,1	8,6	20,0	1,5	
Hiebsatz (70% des Zuwachses)	[m <sup>3</sup> /ha*a]	5,7	12,6	11,7	10,3	7,8	5,4	6,4	6,0	14,0	1,1	
Holzertrag	[m <sup>3</sup> /a]	1,1	5,9	18,7	11,4	244,1	212,0	377,7	10,1	1,9	8,4	<b>891,2</b>
Schwachholanteil	[%]	25	25	25	25	40	40	40	25	100	100	
Starkholanteil	[%]	75	75	75	75	60	60	60	75	-	-	
Schwachholzanfall	[m <sup>3</sup> /a]	0,3	1,5	4,7	2,9	97,6	84,8	151,1	2,5	1,9	8,4	<b>355,6</b>
Starkholzanfall	[m <sup>3</sup> /a]	0,8	4,4	14,0	8,6	146,4	127,2	226,6	7,6	-	-	<b>535,6</b>
Anteil stoffliche Verwertung am Schwachholzanfall	[%]	50	50	50	50	50	50	50	50	-	-	
Schwachholzanfall für stoffliche Verwertung	[m <sup>3</sup> /a]	13,8	73,6	233,5	142,8	4.881,1	4.239,3	7.553,1	126,0	-	-	
Anteil energetische Verwertung am Schwachholzanfall	[%]	50	50	50	50	50	50	50	50	100	100	
Schwachholzanfall für energetische Verwertung	[m <sup>3</sup> /a]	0,1	0,7	2,3	1,4	48,8	42,4	75,5	1,3	1,9	8,4	<b>183,0</b>
Heizwert H <sub>u</sub>	[kWh/Srm]	857	820	760	750	1.065	1.080	1.073	1.000	720	750	
Energieholzertrag	[Srm/a]	0,3	1,8	5,8	3,6	122,0	106,0	188,8	3,2	4,8	21,0	<b>457,4</b>
Mobilisierungsgrad	[%]	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	
Energieholzertrag	[Srm/a]	0,2	0,9	2,9	1,8	61,0	53,0	94,4	1,6	2,4	10,5	<b>228,7</b>
<b>Energiepotential</b>	<b>kWh/a</b>	<b>148</b>	<b>754</b>	<b>2.218</b>	<b>1.339</b>	<b>64.980</b>	<b>57.231</b>	<b>101.259</b>	<b>1.575</b>	<b>1.744</b>	<b>7.860</b>	<b>239.107</b>



#### Anhang 4: Berechnung des Wirtschaftsdüngeranfalls

Tierart	Stückzahl	Gülleanfall [m³/ Tier Monat]	Mistanfall [t/ Tier Monat]	Stallhaltung [%]	Anteil Gülle [%]	Anteil Mist [%]	Gülleanfall		Mistanfall	
							[m³/d]	[m³/a]	[t/d]	[t/a]
Mastschweine >30 kg	919	0,160	0,170	100	90	10	132,3	1.587,6	15,6	187,2
Zuchtsauen	111	0,420	0,530	100	90	10	42,0	504,0	5,9	70,8
Ferkel 8 bis 30 kg	880	0,017	0,008	100	90	10	13,5	162,0	0,7	8,4
Milchkühe	655	1,900	1,600	80	80	20	796,5	9.558,0	167,7	2.012,4
Ammenkühe	179	1,410	1,200	50	20	80	25,2	302,4	85,9	1.030,8
Mastbullen (6 bis 24 Monate)	270	0,700	0,930	100	50	50	94,5	1.134,0	125,6	1.507,2
andere Rinder > 2 Jahre	221	1,410	1,200	50	75	25	116,9	1.402,8	33,2	398,4
andere Rinder 1-2 Jahre	418	1,100	0,930	50	75	25	172,4	2.068,8	48,6	583,2
andere Rinder 0-1 Jahr	665	0,470	0,460	80	20	80	50,0	600,0	195,8	2.349,6
Pferde	4	-	0,750	50	-	100	-	-	1,5	18,0
Hühner	21	-	0,003	50	-	100	-	-	0,0	0,4
<b>Gesamt</b>	<b>4.343</b>						<b>1.443,3</b>	<b>17.319,6</b>	<b>680,5</b>	<b>8.166,4</b>

## Anhang 5

GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG



DIRECTION DE L'AVIATION CIVILE

Luxembourg, le 31 MARS 2014

Référence : 2014 – 33869

Dossier traité par : Bureau de la navigation aérienne et des aérodrômes  
Tél. 247-74900  
e-mail civilair@av.etat.lu

**ENERGI PARK REIDEN S.A.**  
**À l'att. de M. Jérôme FRIES**  
**Master en Développement durable**

**6, Jos Seylerstrooss**  
**L-8522 BECKERICH**

aussi par courriel:  
[jerome.fries@energiepark.lu](mailto:jerome.fries@energiepark.lu)

**V/Réf. :** *Votre courriel du 19 mars 2014*

**Objet :** *Vos questions concernant l'installation d'éoliennes dans la commune de Betzdorf*

**P.J. :**

Monsieur,

J'ai l'honneur de me référer à votre courriel du 19 mars 2014 concernant l'installation d'éoliennes dans la commune de Betzdorf.

Les surfaces de limitations d'obstacles de l'aéroport de Luxembourg sont définies au chapitre 6 du règlement grand-ducal du 17 mai 2006 déclarant obligatoire le plan d'occupation du sol « Aéroport et environs », ainsi qu'au chapitre 4 de l'Annexe 14 Vol. I à la Convention relative à l'aviation civile internationale transmis en droit national par le règlement grand-ducal du 12 mai 2012 portant publication de cette annexe.

Le territoire de la commune de Betzdorf se situe en partie au-dessous de la surface horizontale extérieure, de la surface d'approche, de la surface de montée au décollage et de la surface conique. Ces surfaces commencent à une altitude de 415m.n.m et montent avec des gradients différents à une altitude de 515m.n.m.

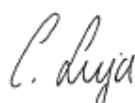
De plus, tout projet d'éoliennes se situant à une distance entre 6km et 16km d'une installation radar doit faire l'objet d'une étude d'impact des éoliennes par rapport aux installations radar de l'aéroport de Luxembourg-Findel. Cette étude est à réaliser selon les recommandations d'EUROCONTROL (c.f. EUROCONTROL Guidelines on How to Assess the Potential Impact of Wind Turbines on Surveillance Sensors) (document disponible sur internet)

Bureaux	Téléphone	Téléfax	Site web	e-mail
4, rue Lou Hemmer L-1748 Luxembourg	(+352) 247 74900	(+352) 46 77 90	<a href="http://www.dac.lu">www.dac.lu</a>	<a href="mailto:civilair@av.etat.lu">civilair@av.etat.lu</a>

Cette étude sera, le cas échéant, à charge du requérant, le territoire de la commune de Betzdorf se situant dans le rayon précité.

Au regard de la complexité des différents facteurs, toute installation d'éoliennes dans la commune de Betzdorf doit faire l'objet d'une étude détaillée par mes services ainsi que par les services compétents de l'Administration de la navigation aérienne avant de pouvoir émettre un avis. Cette étude ne peut se réaliser que sur base de projets concrets et pourra toujours conclure à un refus du projet sur base de l'article 32 de la loi modifiée du 31 janvier 1948, si la sécurité de l'aviation civile s'avérait atteinte.

Veillez agréer, Monsieur, l'assurance de ma considération très distinguée.



Claude LUJA  
Directeur de l'Aviation Civile f.f.

## Anhang 6

Hallo Herr Fries,

Sie hatten eine Anfrage gestellt, in wie fern die neuen WKA Standorte in Betzdorf für die Avifauna gefährlich wären bzw. wie sie im Hinblick auf den Vogelschutz zu bewerten sind. Auch diese beiden Standorte sind für die Avifauna als sehr kritisch anzusehen. Generell gibt es im gesamten Bereich von Betzdorf kaum eine Möglichkeit Windkraftanlagen aufzustellen. Die Nähe zu Flaxweiler und deren Deponie hat zu grosse Auswirkungen auf die umliegenden Gemeinden/Dörfer. Erst in den letzten Tagen wurden um Flaxweiler zahlreiche Rot- und Schwarzmilane nachgewiesen. Das Risiko von Vogelschlag ist einfach zu gross, ein zeitweises Abschalten müsste über mehrere Monate andauern und ob das noch wirtschaftlich ist, bleibt fraglich. Speziell bei diesen beiden genannten WKA Standorten ist das Hauptausschlusskriterium, dass sie sich beide innerhalb des 3000 Meter Mindestabstand zu Schwarzstorchbrutvorkommen befinden. Auch hier würde die Centrale ornithologique einen Bau aus Artenschutzgründen ablehnen.

Mit freundlichen Grüssen

Katharina Klein

Katharina Klein  
natur&ëmwelt a.s.b.l.  
Centrale ornithologique  
[www.naturemwelt.lu](http://www.naturemwelt.lu)  
[k.klein@naturemwelt.lu](mailto:k.klein@naturemwelt.lu)  
Tel: +352 29 04 04 309

## Anhang 7

Nr	Kommunale Gebäude	Ortschaft	Adresse	Strom kWh/a
1	Centre culturel	Betzdorf	3, rue d'Olingen	13 266
2	Kirche	Betzdorf	2, rue de l'Eglise	5 692
3	Club des jeunes	Betzdorf	rue de la Gare	2 381
4	Veräinsbau	Olingen	12, rue de Flaxweiler	12 116
5	Centre culturel	Olingen	2, rue de Roodt-sur-Syre	6 340
6	Kirche	Olingen	rue de l'Eglise	17 733
7	Centre culturel	Mensdorf	7, rue de l'Ecole	16 704
8a	Schmëtt	Mensdorf	5a, rue de l'Ecole	2 679
8b	Schulleschhaus	Mensdorf	5, rue de l'Ecole	1 470
9	Aal Spillschoul	Mensdorf	4, rue de l'Ecole	-
10	Pompjéesbau	Mensdorf	3, rue principale	2 983
11	Kirche	Mensdorf	rue de Roodt-sur-Syre	-
12	Aalt Léierinshaus	Mensdorf	rue de l'église	3 578
13	Fussballplatz	Mensdorf	op Birk	56 175
14a	Neue Schule	Roodt-sur-Syre	20, route de Luxembourg	119 115
14b	Ediff	Roodt-sur-Syre	14, route de Luxembourg	2 046
14c	Maison relais	Roodt-sur-Syre	20, route de Luxembourg	160 664
15	Sporthalle	Roodt-sur-Syre	20, route de Luxembourg	52 110
16	Ecole Préscolaire + Container	Roodt-sur-Syre	20, route de Luxembourg	28 260
17	Centre Culturel Syrkus	Roodt-sur-Syre	20, route de Luxembourg	56 986
18	Aal Schoul + Wohnungen	Roodt-sur-Syre	3, rue d'Olingen	17 380
19	Kirche	Roodt-sur-Syre	rue d'Olingen	27 041
20	Home Scouts	Roodt-sur-Syre	12, rue d'Olingen	-
21	Alte Kirche	Roodt-sur-Syre	10, rue d'Olingen	-
22	Altes Gemeindehaus	Roodt-sur-Syre	14, route de Luxembourg	-
23	Schloss	Berg	11, rue du Château	30 248
24	Alte Schule	Berg	30, rue du Château	928
25	Wasserreservoir	Olingen	rue d'Eschweiler	20 930
26	Wasserreservoir Lampescht	Mensdorf	rue Wangert	4 774
27	Wasserreservoir Giedchendall	Mensdorf		1 837
28	Wasserreservoir	Roodt-sur-Syre	rue Hierdegaard	11 196
29	Grande Buvette	Roodt-sur-Syre	20, route de Luxembourg	81
30	Buvette Tennis	Roodt-sur-Syre	20, route de Luxembourg	639
	<b>Gesamt</b>			<b>675 352</b>